



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA INCENDIOS EN BASE A LA NORMATIVA NFPA PARA TODAS LAS ÁREAS DE LA EMPRESA CALZADO GAMO’S UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

**VARGAS GARCÍA TITO BOLIVAR**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN** **TIPO: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

# **INGENIERO INDUSTRIAL**

**Riobamba–Ecuador  
2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO APROBACIÓN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

---

**2016-04-27**

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**VARGAS GARCÍA TITO BOLIVAR**

Titulado:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA  
INCENDIOS EN BASE A LA NORMATIVA NFPA PARA TODAS LAS ÁREAS  
DE LA EMPRESA CALZADO GAMO’S UBICADA EN LA PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

**Ing. Carlos José Santillán Mariño  
DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

**Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar  
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez  
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

## CERTIFICADO EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** VARGAS GARCÍA TITO BOLIVAR

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA INCENDIOS EN BASE A LA NORMATIVA NFPA PARA TODAS LAS ÁREAS DE LA EMPRESA CALZADO GAMO’S UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-20

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Homero Almendariz Puente  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, VARGAS GARCÍA TITO BOLIVAR, egresado de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autor del proyecto de titulación denominado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA INCENDIOS EN BASE A LA NORMATIVA NFPA PARA TODAS LAS ÁREAS DE LA EMPRESA CALZADO GAMO`S UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, me responsabilizo en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

---

**Vargas García Tito Bolivar**

Cédula de Identidad: 1720053535

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Vargas García Tito Bolivar, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Vargas García Tito Bolivar**  
Cédula de Identidad: 1720053535

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación se lo dedico primero a Dios por haberme permitido cumplir mis metas, de manera muy especial a mi madre Rosa Inés García Vargas quien ha sabido guiarme, apoyarme y darme consejos llenos de amor para llegar con éxito a la culminación de una de mis metas.

De igual manera a mi hijo Jean Pierre Vargas por ser mi fortaleza y mi inspiración de superación.

**Vargas García Tito Bolivar**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de ser profesional y ser una persona útil a la sociedad.

Al Ing. Miguel Ángel Gutierrez gerente de la empresa Calzado GAMO`S por la apertura y la aceptación de permitirme realizar mi trabajo de titulación en su prestigioso establecimiento.

**Vargas García Tito Bolivar**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. MARCO REFERENCIAL.</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación .....	3
1.3.1 <i>Justificación teórica.</i> .....	3
1.3.2 <i>Justificación metodológica.</i> .....	3
1.3.3 <i>Justificación práctica.</i> .....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 <i>Objetivo general.</i> .....	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	5
<b>2. MARCO TEÓRICO.</b>	
2.1 Química del fuego.....	6
2.1.1 <i>Componentes del fuego.</i> .....	7
2.1.2 <i>Triángulo y tetraedro del fuego.</i> .....	8
2.1.3 <i>Clasificación del fuego.</i> .....	8
2.1.4 <i>Clasificación de los materiales de riesgo.</i> .....	10
2.2 Incendios .....	11
2.2.1 <i>Incendios industriales.</i> .....	12
2.2.2 <i>Causas más frecuentes de incendios.</i> .....	12
2.2.3 <i>Agentes extintores.</i> .....	13
2.2.4 <i>Medios de primera intervención</i> .....	14
2.3 Sistemas contra incendios .....	14
2.4 Partes de un sistema contra incendios.....	14
2.4.1 <i>Sistema de abastecimiento de agua contra incendios.</i> .....	15
2.4.2 <i>Sistema de bombeo contra incendios.</i> .....	16
2.4.3 <i>Red de distribución de agua contra incendios.</i> .....	16
2.4.4 <i>Sistemas de detección contra incendios.</i> .....	17
2.4.5 <i>Sistema de extinción por rociadores automáticos.</i> .....	17
2.5 Normas NFPA.....	18
2.6 Evaluación de riesgos de incendio por el método Meseri .....	19
2.6.1 <i>Factores de construcción</i> .....	19
2.6.2 <i>Factores de situación</i> .....	20
2.6.3 <i>Procesos</i> .....	21
2.6.4 <i>Factores de concentración</i> .....	22
2.6.5 <i>Factores de propagabilidad</i> .....	23
2.6.6 <i>Factores de protección.</i> .....	24
<b>3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.</b>	
3.1 Información general de la empresa .....	26



3.1.1	<i>Misión.</i>	27
3.1.2	<i>Visión.</i>	27
3.1.3	<i>Valores</i>	27
3.1.4	<i>Estructura organizativa.</i>	27
3.2	Política de Seguridad y Salud Ocupacional de la fábrica Calzado GAMO'S	29
3.3	Proceso de producción	29
3.3.1	<i>Corte.</i>	29
3.3.2	<i>Destallado.</i>	30
3.3.3	<i>Aparado.</i>	30
3.3.4	<i>Armado.</i>	31
3.3.5	<i>Terminado.</i>	32
3.3.6	<i>Empacado.</i>	32
3.3.7	<i>Almacenamiento.</i>	33
3.4	Áreas de producción	33
3.5	Análisis del riesgo contra incendios	34
3.6	Análisis del material combustible o inflamable utilizado en la empresa.....	35
3.6.1	<i>Determinación de las clases de fuego que podrían producirse en la empresa.</i>	43
3.6.2	<i>Probabilidad de ocurrencia de un incendio.</i>	44
3.7	Análisis del estado actual del sistema de defensa contra incendios	45
3.8	Deficiencias del sistema actual de defensa contra incendios.....	46
<b>4.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS EN LA EMPRESA DE CALZADO GAMO'S.</b>	
<b>5.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA INCENDIOS PARA LA EMPRESA CALZADO GAMO'S.</b>	
5.1	Factores de diseño del sistema contra incendios	51
5.1.1	<i>Análisis de los factores de diseño del sistema contra incendios.</i>	51
5.2	Diseño del sistema de rociadores contra incendios	52
5.2.1	<i>Análisis del riesgo.</i>	52
5.2.2	<i>Distribución de los rociadores.</i>	54
5.2.3	<i>Cálculo Hidráulico para determinar la presión y el caudal del sistema.</i>	56
5.2.4	<i>Sistema de bombeo contra incendios.</i>	67
5.3	Selección de extintores contra incendios	68
5.3.1	<i>Cálculo del número de extintores.</i>	69
5.4	Detectores de humo	72
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones	73
6.2	Recomendaciones	73

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1-2.</b> Agente extintor .....	13
<b>Tabla 2-2.</b> Medios de primera intervención .....	14
<b>Tabla 3-2.</b> Altura .....	20
<b>Tabla 4-2.</b> Mayor sector de incendio .....	20
<b>Tabla 5-2.</b> Resistencia al fuego .....	20
<b>Tabla 6-2.</b> Falsos techos .....	20
<b>Tabla 7-2.</b> Distancia de los bomberos .....	21
<b>Tabla 8-2.</b> Accesibilidad al edificio .....	21
<b>Tabla 9-2.</b> Peligro de activación .....	21
<b>Tabla 10-2.</b> Carga Térmica .....	21
<b>Tabla 11-2.</b> Combustibilidad .....	22
<b>Tabla 12-2.</b> Orden y limpieza .....	22
<b>Tabla 13-2.</b> Almacenamiento en altura .....	22
<b>Tabla 14-2.</b> Factor de concentración .....	22
<b>Tabla 15-2.</b> Destructibilidad por calor .....	23
<b>Tabla 16-2.</b> Destructibilidad por humo .....	23
<b>Tabla 17-2.</b> Destructibilidad por corrosión y gases .....	23
<b>Tabla 18-2.</b> Destructibilidad por agua .....	23
<b>Tabla 19-2.</b> Propagabilidad vertical .....	24
<b>Tabla 20-2.</b> Propagabilidad horizontal .....	24
<b>Tabla 21-2.</b> Factores de protección .....	24
<b>Tabla 22-2.</b> Criterios de valorización de P .....	25
<b>Tabla 1-3.</b> Estructura organizativa GAMO'S .....	27
<b>Tabla 2-3.</b> Materiales, Área de Administración .....	35
<b>Tabla 3-3.</b> Materiales, Comedor y Cocina .....	36
<b>Tabla 4-3.</b> Materiales, Dispensario médico .....	36
<b>Tabla 5-3.</b> Materiales, Bodega de cuero .....	37
<b>Tabla 6-3.</b> Materiales, Bodega de materia prima .....	37
<b>Tabla 7-3.</b> Materiales, Área de diseño .....	38
<b>Tabla 8-3.</b> Materiales, cortado a mano y serigrafía .....	39
<b>Tabla 9-3.</b> Materiales, Cortado de forros y rayado .....	39
<b>Tabla 10-3.</b> Materiales, Destellado y cortado a troquel .....	40
<b>Tabla 11-3.</b> Materiales, Armado .....	40
<b>Tabla 12-3.</b> Materiales, Aparado y Rayado interno .....	41
<b>Tabla 13-3.</b> Materiales, Cardado .....	42
<b>Tabla 14-3.</b> Materiales, Preparado de suelas .....	42
<b>Tabla 15-3.</b> Materiales, Terminado .....	43
<b>Tabla 16-3.</b> Materiales, Bodegas de producto terminado .....	43
<b>Tabla 17-3.</b> Clases de fuego, Calzado GAMO'S .....	44

<b>Tabla 18-3.</b> Probabilidad de ocurrencia de incendios .....	45
<b>Tabla 19-3.</b> Extintores que posee la empresa GAMO`S .....	46
<b>Tabla 1-4.</b> Evaluación del riesgo de incendio, GAMO`S .....	50
<b>Tabla 1-5.</b> Número de rociadores.....	56
<b>Tabla 2-5.</b> Características sistema de bombeo ZJBETTER EDJ .....	67
<b>Tabla 3-5.</b> Agentes extintores .....	68
<b>Tabla 4-5.</b> Agentes Extintores para la empresa de Calzado GAMO`S .....	69
<b>Tabla 5-5.</b> Área de los sectores de incendio .....	70
<b>Tabla 6-5.</b> Extintores para la empresa GAMO`S .....	71
<b>Tabla 7-5.</b> Resumen de la cantidad de extintores requeridos.....	71
<b>Tabla 8-5.</b> Detectores de Humo .....	72

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-2.</b> Química de Fuego .....	6
<b>Figura 2-2.</b> Triángulo del fuego .....	8
<b>Figura 3-2.</b> Tetraedro del fuego .....	8
<b>Figura 4-2.</b> Tipo de fuego, clase A .....	9
<b>Figura 5-2.</b> Tipo de fuego, clase B .....	9
<b>Figura 6-2.</b> Tipo de fuego, clase C .....	10
<b>Figura 7-2.</b> Tipo de fuego, clase D .....	10
<b>Figura 8-2.</b> Tipo de fuego, clase K .....	10
<b>Figura 9-2.</b> Sistema contra incendios.....	15
<b>Figura 10-2.</b> Abastecimiento de agua contra incendios .....	15
<b>Figura 11-2.</b> Sistema de bombeo contra incendios .....	16
<b>Figura 12-2.</b> Red de distribución contra incendios .....	17
<b>Figura 13-2.</b> Sistemas de detección contra incendios .....	17
<b>Figura 14-2.</b> Sistema de extinción por rociadores automáticos .....	18
<b>Figura 1-3.</b> Localización .....	26
<b>Figura 2-3.</b> Organigrama GAMO´S.....	28
<b>Figura 3-3.</b> Proceso de producción, Calzado GAMO´S .....	29
<b>Figura 4-3.</b> Corte.....	30
<b>Figura 5-3.</b> Destallado .....	30
<b>Figura 6-3.</b> Aparado.....	31
<b>Figura 7-3.</b> Armado .....	32
<b>Figura 8-3.</b> Terminado .....	32
<b>Figura 9-3.</b> Empacado.....	33
<b>Figura 10-3.</b> Almacenamiento .....	33
<b>Figura 11-3.</b> Materiales Inflamables.....	34
<b>Figura 12-3.</b> Líquidos Inflamables .....	35
<b>Figura 13-3.</b> Deficiencias en el sistema contra incendios actual .....	47
<b>Figura 1-4.</b> Evaluación del riesgo de incendio por el método Meseri .....	49
<b>Figura 1-5.</b> Sistema de bombeo .....	68

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>NFPA</b>	National Fire Protection Association
<b>EXT</b>	Extintores portátiles
<b>CHE</b>	Columnas hidrantes exteriores
<b>BIE</b>	Bocas de incendio equipadas
<b>DET</b>	Detección automática
<b>ROC</b>	Rociadores automáticos
<b>IFE</b>	Extinción por agentes gaseosos
<b>IESS</b>	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Distribución de planta de la empresa calzado GAMO`S
- B** Tipo de ocupaciones
- C** Tablas para cálculos
- D** Distribución de los rociadores
- E** Nodos para el cálculo hidráulico del sistema contra incendios
- F** Ubicación del sistema de bombeo
- G** Distribución de los extintores de humo
- H** Presupuesto estimado para el sistema contra incendios

## **RESUMEN**

El principal objetivo del presente trabajo de titulación es el diseño de un sistema de protección contra incendios, en base a la normativa NFPA para todas las áreas de la empresa de calzado GAMO'S ubicada en la provincia de Tungurahua. Para realizar el diseño en primer lugar se analizó la situación actual de la empresa, en cuanto a seguridad contra incendios se refiere, con el fin de detectar deficiencias y establecer los parámetros de diseño del sistema. En segundo lugar se evaluó el riesgo de incendio, por medio del método Meseri, presente en la empresa con el fin de determinar el nivel de riesgo y la aceptabilidad del mismo. Por último se diseñó el sistema de protección de incendios en base a los resultados obtenidos en el análisis de situación actual, la evaluación de riesgos y en base al cumplimiento de las normas correspondientes a la NFPA. Por medio del análisis de situación actual se determinó que la seguridad contra incendios que maneja la empresa es deficiente porque cuenta con un número insuficiente de extintores. Además se determinó el tipo de fuego y la probabilidad de incendio en todas las áreas de la empresa. En cuanto a la evaluación del riesgo de incendio por el método Meseri se determinó que es un Riesgo Grave No Aceptable. Con estos antecedentes y en base a la normativa NFPA se diseñó un sistema de rociadores contra incendios en las bodegas de producto terminado de la empresa porque en estas áreas la probabilidad de incendio es alta y el tipo de fuego es Clase A. Además se realizó el cálculo y la distribución de los extintores en las áreas de la empresa con probabilidad de incendio baja-media y tipo de fuego Clase A, B y C.

**PALABRAS CLAVES:** <SEGURIDAD INDUSTRIAL>, <SISTEMA CONTRA INCENDIOS>, <MÉTODO MESERI>, <CÁLCULO HIDRAÚLICO>, <RIESGO DE INCENDIO>, <TECNOLOGIA DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES>.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present work is the design of a fire protection system, based on NFPA regulations for all areas of the GAMO'S footwear company located in the province of Tungurahua. To carry out the design, we first analyzed the current situation of the company in terms of fire safety, in order to detect deficiencies and establish the design parameters of the system. Secondly, the fire risk was evaluated through the Meseri method, present in the company in order to determine the level of risk and the acceptability of the risk. Finally, the fire protection system was designed based on the results obtained in the current situation analysis, the risk assessment and based on compliance with the NFPA standards. Through the current situation analysis, it was determined that the fire safety of the company is deficient because it has insufficient fire extinguishers. In addition, the type of fire and the probability of fire were determined in all areas of the company. As for the fire risk assessment by the Meseri method was determined to be a Serious Risk Not Acceptable. With this background and based on the NFPA regulations, a fire sprinkler system was designed in the company's finished product warehouses because in these areas the fire probability is high and the fire type is Class A. in addition, calculation and distribution of fire extinguishers in areas of the company with low-medium fire probability and fire type Class A, B and C.

**KEYWORDS:** <INDUSTRIAL SAFETY>, <FIRE SYSTEM>, <MESERI METHOD>, <HYDRACULIC CALCULATION>, <FIRE RISK>, <INDUSTRIAL PROCESS TECHNOLOGY>



## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de defensa y prevención contra incendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura de los edificios, generalmente, las características de estos sistemas están regulados por las normas NFPA. Los sistemas contra incendios tienen como misión principal salvar vidas antes que la protección de bienes.

La falta de un sistema de defensa y prevención contra incendios en las empresas puede ocasionar (en caso de que se produzca un incendio) la pérdida de vidas humanas y grandes pérdidas económicas (daños materiales, pérdida de la actividad, primas de seguros, etc.).

Con este antecedente en las líneas de producción en la empresa de calzado GAMO'S de la ciudad de Ambato, se utiliza materiales e insumos altamente combustibles tales como: cuero, suelas, cajas de cartón, pasadores, etiquetas, esponjas, pegantes, plantillas, puntas de acero y plásticas, telas, termo adheribles, látex, tol, etc., es necesario instalar un sistema de prevención y defensa contra incendios.

Calzado GAMO'S es una empresa Ambateña-Ecuatoriana fundada por Miguel Ángel Gutiérrez, dedicada a la producción de calzado en distintas líneas tales como: Seguridad Industrial, Bota Militar, Tracking, Casual - Urbano, Deportivo e Infantil. Por medio del presente trabajo de titulación se diseñará el sistema contra incendios para la empresa de calzado GAMO'S en base a la normativa NFPA, con el fin de (en caso de que se produzca un incendio) salvar vidas y minimizar las posibles pérdidas materiales

A partir de lo establecido en el párrafo anterior se va a dividir el desarrollo del trabajo en categorías principales, como: a) Análisis del estado actual de la empresa GAMO'S en cuanto a seguridad contra incendios se refiere. b) Identificación del riesgo de incendio existente en la empresa. c) Evaluación del riesgo de incendio en la empresa. d) Diseño del sistema de protección de incendios en cumplimiento de las normas NFPA correspondientes.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO REFERENCIAL.**

#### **1.1 Antecedentes**

El fuego ha sido una parte importante en el desarrollo de la civilización. Sin embargo, la utilidad del fuego no es parte de la ingeniería de protección contra incendios. Al contrario, en la ingeniería de protección contra incendios se toma en cuenta la fuerza destructora del fuego, la cual debe ser controlada. (Mocada, 2017)

La historia inicial de la ingeniería de protección contra incendios se remonta a la antigua Roma, donde el emperador romano Nerón mandó escribir un Código Constructivo en el que se requería la utilización de materiales resistentes al fuego en las paredes exteriores a las viviendas. (Mocada, 2017)

Más tarde, en el siglo XII en Londres, se encuentran regulaciones que requerían la construcción de paredes de piedra de 90 cm de ancho y 4,90 m de altura entre edificaciones, con el objetivo de ser barreras corta fuegos. (Mocada, 2017)

Pero no fue hasta la revolución industrial en Gran Bretaña en el siglo XVIII y más tarde en los EE.UU. en el siglo XIX, cuando se cambia la cara de la ingeniería de protección contra incendios. En esas épocas, se inicia la construcción de fábricas de pisos múltiples, bodegas de gran tamaño, edificios altos y procesos industriales muy riesgosos, los cuales hacen evidente el desarrollo de nuevas tecnologías de protección contra incendios. (Mocada, 2017)

Fue en el noroeste de EE.UU., a finales del Siglo XIX, luego de varios espectaculares incendios que nace la NFPA, los seguros contra incendios y la ingeniería moderna en protección contra incendios. (Mocada, 2017)

La NFPA es una organización encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio. (Murcia, 2013)

En la actualidad la NFPA, desde su sede central ubicada en Quincy, Massachusetts, Estados Unidos, supervisa el desarrollo y mantenimiento de más de 300 códigos y normas. Un grupo de más de 6000 voluntarios que representan al servicio de bomberos, compañías de seguros, comercio, industria, gobierno y consumidores, desarrollan y mantienen estos documentos. (Murcia, 2013)

## **1.2 Planteamiento del problema**

A nivel mundial, en los albores del siglo 21, se producen de 7 a 8 millones de incendios causando 70.000 a 80.000 muertes y 500.000 a 800.000 heridos. Las principales causas de muertes por incendio son: 62.4% por asfixia inhalación de humo, 26% por quemaduras, 10.7% por lesiones traumáticas, 0.6% por enfermedades críticas (ataques al corazón) y 0.3% por otras causas. Estas estadísticas nos indican que el principal problema o bien la causa, es el control de su ventilación. (Nexans, 2017)

Según la NFPA de cada 100 incendios, el 3% se producen en edificios industriales y sus principales causas son: 19% por incendios eléctricos, 14% por roces y fricciones, 12% por chispas mecánicas, 8% por fumar y fósforos, 7% por ignición espontánea, 7% por superficies calientes, 6% por chispas de combustión, 5% por llamas abiertas, 4% por soldadura y corte, 3% por materiales recalentados y 2% por electricidad estática. (Starfire, 2014)

En el Ecuador, lamentablemente, no se manejan estadísticas de los incendios producidos en edificios industriales; pero eso no quiere decir que no se hayan producido. Un ejemplo claro de ello, es el incendio producido el 27 de enero del 2017 en la fábrica Veconsa ubicada en la vía Daule, en la provincia del Guayas.

Como podemos ver, los incendios constituyen una gran amenaza para cualquier empresa y la mayoría de las veces se producen por falta de prevención. Y en materia de prevención no existe nada mejor que un buen sistema de protección contra incendios, además de un personal capacitado para afrontarlos. Con este antecedente la empresa de calzado GAMO'S del cantón Ambato, las líneas de producción utilizan materiales e insumos altamente combustibles tales como: cuero, suelas, cajas de cartón, pasadores, etiquetas, esponjas, pegantes, plantillas, puntas de acero y plásticas, telas, termo adheribles, látex, tol, etc., es importante instalar un sistema de prevención y defensa contra incendios.

La falta de un sistema de defensa y prevención contra incendios en la empresa GAMO'S puede ocasionar (en caso de que se produzca un incendio) la pérdida de vidas humanas y grandes pérdidas económicas (daños materiales, pérdida de la actividad, primas de seguros, etc.).

Es por ello que se plantea el trabajo de titulación denominado “*Diseñar un sistema de prevención y defensa contra incendios en base a la normativa NFPA, para la empresa calzado GAMO'S ubicada en la provincia de Tungurahua*”

### **1.3 Justificación**

**1.3.1** *Justificación teórica.* El trabajo de titulación propuesto busca, mediante la aplicación teórica de seguridad industrial, mecánica de fluidos y selección y mantenimiento de equipos, así encontrar las soluciones del problema (carencia de un sistema de defensa y prevención contra incendios) que afecta a la empresa de calzado GAMO'S del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Asimismo, la aplicación de la teoría permitirá diseñar el sistema de prevención contra incendios.

Cabe recalcar que el desarrollo del presente trabajo de titulación permitirá contrastar diferentes conceptos de las ciencias mencionadas anteriormente, en una realidad concreta: en la empresa de calzado GAMO'S.

**1.3.2** *Justificación metodológica.* Para lograr los objetivos planteados en el presente trabajo de titulación, se acude al empleo de diferentes técnicas de investigación.

Para emplear las técnicas adecuadas primero es preciso tener en claro cuáles serán nuestras variables de interés, en este caso la variable principal la constituye el diseño del sistema de defensa y prevención contra incendios; con ello se puede establecer los aspectos relacionados que se tienen que abordar para la elaboración del presente trabajo de titulación.

A partir de lo establecido anteriormente se va a dividir el desarrollo del trabajo en categorías principales, como se detalla a continuación: a) Análisis del estado actual de la empresa GAMO'S en cuanto a seguridad contra incendios se refiere. b) Identificación del riesgo de incendio existente en la empresa. c) Evaluación del riesgo de incendio en la

empresa. d) Diseño del sistema de protección de incendios en cumplimiento de las normas NFPA correspondientes.

Una vez definidos los ítems principales, que se integrarán para dar forma al presente trabajo, se establecerán el enfoque, la modalidad y los niveles del estudio correspondiente.

El diseño del sistema contra incendios considerará el enfoque cuantitativo por cuanto se trabajarán con datos numéricos referentes a indicadores como: presión, caudal, velocidad, tiempo, etc.

Aunque además se considerará un enfoque cualitativo, puesto que se establecerán criterios de valoración como la flexibilidad del sistema contra incendios (debe ser adaptable a cambios y mejoras).

Por otro lado, en cuanto a la modalidad del estudio, se recopilará información de normas NFPA y fuentes digitales y bibliográficas para sustentar el desarrollo del trabajo. Sin embargo la ejecución del trabajo de titulación se hará mediante un estudio de campo, para identificar las deficiencias de la empresa en cuanto a seguridad contra incendios se refiere y con ello buscar e implementar las soluciones necesarias para diseñar el sistema de defensa y prevención contra incendios.

El proyecto demanda de un estudio de carácter exploratorio, porque se parte de un conocimiento teórico que no ha tenido la oportunidad de ser llevado a la práctica. Además se ubica como de carácter descriptivo porque se estudiarán los parámetros de interés teniendo en cuenta que se tiene que escoger un diseño entre algunas alternativas y finalmente todo el trabajo debe llegar a su punto culminante gracias a la creación del sistema de defensa y prevención contra incendios, que permita solucionar el problema existente en la empresa de calzado GAMO'S.

**1.3.3** *Justificación práctica.* La implementación del sistema de defensa y prevención contra incendios en la empresa GAMO'S, en caso de incendio, evitará las pérdidas de vidas humanas y minimizará en lo posible las pérdidas económicas (daños materiales, pérdida de la actividad, primas de seguros, etc.). Los beneficiarios serán: el gerente propietario y los 187 trabajadores de la empresa de calzado GAMO'S.

Además, el trabajo de titulación que se plantea está orientado a servir de guía para otras instituciones que realicen actividades similares y que deseen diseñar un sistema de protección contra incendios en base a la normativa NFPA.

## **1.4       Objetivos**

**1.4.1       Objetivo general.** Diseñar un sistema de prevención y defensa contra incendios en base a la normativa NFPA para todas las áreas de la empresa calzado GAMO`S ubicada en la provincia de Tungurahua.

**1.4.2       Objetivos específicos:**

- Analizar la situación actual de la empresa GAMO`S, en cuanto a seguridad contra incendios se refiere.
- Evaluar el riesgo de incendio en la fábrica.
- Diseñar un sistema de protección de incendios en cumplimiento de las normas NFPA correspondientes.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

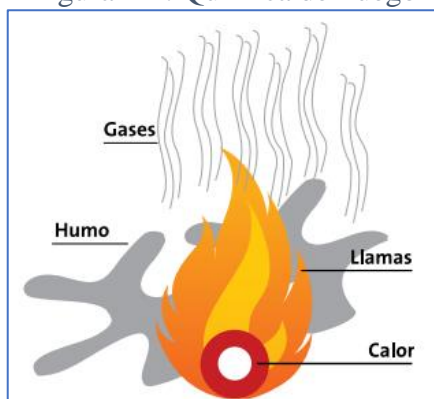
#### 2.1 Química del fuego

El fuego es una reacción de combustión que se caracteriza por la emisión de calor acompañada de humo, de llamas o de ambos. Al ser la combustión una oxidación, habrán de intervenir, para que ésta se produzca, un material que se oxide, al que llamaremos combustible, y un elemento oxidante, que llamaremos comburente. Para que la reacción de oxidación comience, habrá que disponer, además, de una cierta cantidad de energía, que llamaremos energía de activación. (EUIT, 2017)

Los signos visibles del fuego son los productos de la combustión y pueden presentarse aislados o en conjunto. Estos son: (Dems, 2001)

- **Humo:** Aparece como resultado de la combustión incompleta del combustible.
- **Gases:** Son el resultado de la modificación en composición del combustible.
- **Llamas:** Es la parte más visible del resultado de una combustión.
- **Calor:** Es la forma de energía producida por la combustión.

Figura 1-2. Química de Fuego



Fuente: (DEMSA)

En la mayoría de los casos el humo y los gases son más peligrosos para las personas que las mismas llamas. El humo es un agente irritante y puede producir graves daños a las mucosas y el sistema respiratorio.

Los gases pueden ser tóxicos, como es el caso del monóxido de carbono, el cual es la principal causa de víctimas en los incendios. El agua posee una gran capacidad para absorber el calor, a ello se debe su gran utilización para extinguir incendios. (Dems, 2001)

**2.1.1 Componentes del fuego.** El fuego al ser una reacción química necesita una serie de elementos principales sin los cuales no podría existir. Existen tres componentes básicos que conforman el fuego:

- **Combustible.-** Sustancia que en presencia de oxígeno y aportándole una cierta energía de activación, es capaz de arder. Los combustibles pueden clasificarse, según su naturaleza: (EUIT, 2017)
  - **Combustibles sólidos:** Carbón mineral (Antracita, carbón de coque, etc.), madera, plástico, textiles, etc.
  - **Combustibles líquidos:** Productos de destilación del petróleo (gasolina, gas-oil, fuel-oil, aceites, etc.), alcoholes, disolventes, etc.
  - **Combustibles gaseosos:** Gas natural, gas ciudad, metano, propano, butano, etileno, hidrógeno, etc.
- **Comburente.-** Sustancia en cuya presencia el combustible puede arder. De forma general, se considera al oxígeno como el comburente típico. Se encuentra en el aire en una concentración del 21% en volumen.

Existen otros, tales como el ácido perclórico, el ozono, el peróxido de hidrógeno, etc. Los combustibles que presentan un alto número de átomos de oxígeno en su molécula no necesitan comburente para arder (peróxidos orgánicos). (EUIT, 2017)

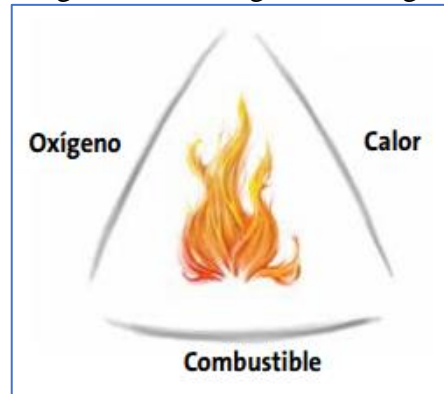
- **Energía de activación** Es la energía necesaria para que la reacción se inicie.

Las fuentes de ignición que proporcionan esta energía pueden ser: sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, rozamientos entre partes metálicas, equipos de soldadura, estufas, reacciones químicas, chispas, etc. (EUIT, 2017)



**2.1.2 Triángulo y tetraedro del fuego.** Con el fin de graficar el proceso de combustión en general se recurre al triángulo y tetraedro del fuego. El triángulo asocia al fuego con los elementos físicos que lo componen, así tenemos representada la vinculación del fuego con el combustible, el comburente y de la energía de activación (Demsa, 2015)

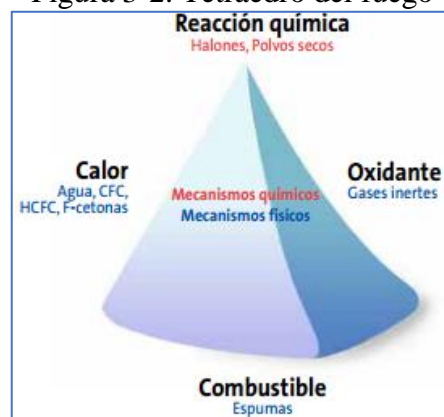
Figura 2-2. Triángulo del fuego



Fuente: (Demsa, 2001)

Es necesario que exista un cuarto factor para que un incendio se sostenga y aumente su tamaño. Este factor es la reacción en cadena que se produce entre el combustible y el agente oxidante. El triángulo del fuego se altera al incluir en él la reacción en cadena, formando una figura multidimensional con cuatro caras independientes llamada tetraedro. (Academia Nacional de Bomberos, 2006)

Figura 3-2. Tetraedro del fuego



Fuente: (Demsa, 2001)

**2.1.3 Clasificación del fuego.** El fuego se clasifica según sea el combustible que arde. Así tenemos:

- **Clase A:** Sustancias combustibles sólidas que como producto de la combustión generan residuos carbonosos en forma de brasas o rescoldos incandescentes. Los cinco grandes grupos que conforman esta categoría son: Papel, madera, textiles, basura y hojarasca.

Este tipo de incendios está representado por un triángulo en color verde, con la letra “A”. (Demsa, 2015)

Figura 4-2. Tipo de fuego, clase A



Fuente: (Demsa, 2001)

- **Clase B:** Sustancias combustibles líquidas, o que se licúan con la temperatura del fuego. Ejemplos de estos son los combustibles polares (alcoholes), no polares (hidrocarburos y sus derivados) y ciertos tipos de plásticos y sustancias sólidas que entran en fase líquida con el calor (estearina, parafinas, etc.).

Este tipo de incendio está representado por un cuadrado o rectángulo de color rojo, con la letra “B” al centro.

Figura 5-2. Tipo de fuego, clase B



Fuente: (Demsa, 2001)

- **Clase C:** Sustancias o equipos que se encuentran conectados a la red eléctrica energizada y que entran en combustión por sobrecargas, cortocircuitos o defectos de las instalaciones.

Este tipo de incendio está representado por un círculo de color azul, con una letra “C”.

Figura 6-2. Tipo de fuego, clase C



Fuente: <https://goo.gl/ud6ZZ2>

- **Clase D:** Es el fuego originado por metales alcalinos (sodio, magnesio, potasio, calcio, etc.) cuya peligrosidad radica en su alta reacción con el oxígeno.

Este tipo de incendio está representado por una estrella de cinco picos de color amarillo, con la letra “D”, que tiene su origen en la palabra “Dinamita”.

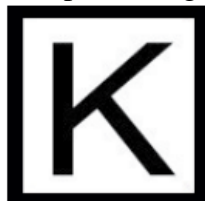
Figura 7-2. Tipo de fuego, clase D



Fuente: (Demsas, 2001)

- **Clase K:** Esta clase involucra a grasas y aceites presentes en las cocinas de ahí su denominación K = Kitchen (cocina en inglés). Este tipo de incendio está representado por un cuadrado o rectángulo de color negro, con la letra “K” al centro.

Figura 8-2. Tipo de fuego, clase K



Fuente: (Demsas, 2001)

**2.1.4** *Clasificación de los materiales de riesgo.* Casi todos los materiales que rodean al hombre son combustibles. El reducido número de materiales incombustibles es de origen inorgánico. Los gases y vapores inflamables son los más peligrosos, seguidos de los líquidos inflamables y combustibles y de algunos sólidos finamente pulverizados. Los sólidos ordinarios no son tan peligrosos, excepto en casos excepcionales. (EUIT, 2017)

- **Sólidos:** La madera y sus derivados, tales como el papel, materiales fibrosos de celulosa, etc., son materiales combustibles que pueden arder de muy variada forma: carbonización, combustión acompañada de llamas y combustión con profusión de humo. (EUIT, 2017)
- **Líquidos:** Los materiales más peligrosos en un incendio son los líquidos inflamables y combustibles. Cuando arde un líquido, no arde propiamente éste, sino los vapores que emite por la elevación de la temperatura. Se definen tres puntos que caracterizan la peligrosidad de los líquidos: (EUIT, 2017)
  - **Punto de ignición:** Es la temperatura a la cual el líquido emite una cantidad suficiente de vapores capaces de inflamarse en contacto con una llama, pero incapaces de mantenerse ardiendo.
  - **Punto de inflamación:** Es la temperatura a la cual el líquido emite una cantidad suficiente de vapores, capaces de inflamarse en contacto con una llama y de mantenerse ardiendo hasta que se consuma la totalidad del combustible.
  - **Punto de autoinflamación:** Es la temperatura a la cual el líquido emite vapores que se inflaman espontáneamente bajo la acción del calor, sin necesitar el contacto de una llama.
- **Gases:** El riesgo de incendio y explosión en los gases es muy similar al de los líquidos, ya que su peligrosidad radica en la fase vapor y no en la fase líquida. Básicamente la peligrosidad de todos los gases y vapores, independientemente de su composición química, se debe a que la presión del gas es función de la temperatura. (EUIT, 2017)

## 2.2 Incendios

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede afectar o abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición de los seres vivos a un incendio puede producir daños muy graves hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves.

Para que se inicie un fuego es necesario que se den conjuntamente tres componentes: combustible, oxígeno y calor o energía de activación, lo que se llama triángulo del fuego. (Wikipedia, 2017)

**2.2.1** *Incendios industriales.* De acuerdo con estadísticas de la NFPA, el 80 por ciento de los fallecimientos por incendio en los Estados Unidos ocurren en las casas, no en las industrias. Las estadísticas de muertes en el trabajo muestran que en 1994 menos de dos por ciento se debieron al fuego. (Ray, 2000)

De acuerdo con las mismas estadísticas, la violencia en el trabajo era 10 veces mayor que la cifra de fallecimientos por fuego. Estos hechos refuerzan la conclusión de que la industria, más que la mayor parte del resto de los miembros de esa sociedad, ha hecho mucho para controlar los riesgos de incendio. (Ray, 2000)

Considerando la increíble exposición a líquidos inflamables en refinerías y plantas químicas y los miles de millones de horas de trabajo que transcurren en las plantas industriales cada año, es asombroso que el total de muertes por incendio en todas las plantas industriales no sea mayor que el número total de los que mueren por incendios en tabernas y prisiones. (Ray, 2000)

De hecho, más gente murió en un solo incendio en un club de Kentucky en 1977 que en la suma de todos los incendios industriales en ese año y los siguientes dos. (Ray, 2000)

Las industrias más peligrosas desde el punto de vista del riesgo de incendios son las minas, los silos elevadores de grano, los molinos de grano, las refinerías y las plantas químicas. Los fallecimientos por fuego en estas cuatro ramas industriales empujan el total de todas las demás juntas.

Para la industria manufacturera en general, el total de fallecimientos por incendio es muy bajo. (Ray, 2000)

**2.2.2** *Causas más frecuentes de incendios.* Las causas de incendios son varias y pueden agruparse de la siguiente forma: (EUIT, 2017)

- **Causas naturales:** Efecto de lupa (vidrios rotos), rayos, etc.

- **Causas humanas:** Imprudencias, mala vigilancia, fogatas mal apagadas, trabajos mediante calor (soplete, soldadura de arco), etc.
- **Corriente eléctrica:** Instalaciones sobrecargadas, cortocircuitos, etc.
- **Aparatos de calefacción de llama viva:** Chimeneas, estufas, etc.
- **Líquidos inflamables:** Los vapores que emiten son inflamables y forman, con el aire, mezclas explosivas.
- **Gases inflamables:** Mezclados con el aire pueden explotar al entrar en contacto con un punto de ignición.
- **Electricidad estática:** Debida al frotamiento de dos cuerpos, pueden producirse chispas (transvase de hidrocarburos, fricción de correas de transmisión, utilización de fibras y tejidos artificiales, aparatos a muy alta tensión, etc.). Únicamente una puesta a tierra bien proyectada puede eliminar este peligro.

**2.2.3 Agentes extintores.** La selección del agente apropiado fundamentalmente recae sobre el tipo de fuego y las características del elemento combustible. (Demsá, 2001)

Tabla 1-2. Agente extintor

Agente Extintor								
	Polvo químico seco		CO <sub>2</sub>	Espumas	Agua		Halone	
	ABC	BC			Chorro	Rociador		
Fuego Clase A	Excelente	No aplica	No aplica	No aplica	Excelente	Muy bueno	Excelente	Bueno
	Rápida extinción de llamas			Sólo controla pequeñas superficies	Acción extintora y enfriante	Buena penetración, rápido enfriamiento		Rápida extinción de llamas
Fuego Clase B	Excelente	Excelente	No aplica	Bueno	Excelente	No aplica	Bueno	No aplica
	La nube de polvo protege al operador Rápida extinción de llamas			No deja residuos	Acción, extintora enfriante y aislante	Se desparrama el fuego	Forma una nube enfriadora	Rápida extinción de llamas
Fuego Clase C	Muy bueno	Muy bueno	No aplica	Excelente	No aplica	No aplica	No aplica	Excelente
	No conducen la electricidad hasta 6000V			No conductor				No conductor
Fuego Clase D	No aplican	Excelente	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	No utilizar Riesgo de explosión	Aísla el foco	No utilizar - Riesgo de explosión					

Fuente: <https://goo.gl/X7c3Ar>

## 2.2.4 Medios de primera intervención

Tabla 2-2. Medios de primera intervención

Medios de primera intervención	Agente extintor	Procedimiento general de uso
Extintores portátiles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Polvos químicos secos</li><li>• CO2</li><li>• Espumas sintéticas</li><li>• Agua</li><li>• Halones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar la adecuación al tipo de fuego</li><li>• Mantenga el extintor en posición vertical</li><li>• Accione una pequeña descarga para comprobar su buen funcionamiento</li><li>• Tome las precauciones de seguridad del caso</li><li>• Apunte a la base del fuego y cúbralo efectuando movimientos en zig zag</li></ul>
Mangueras de incendio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar la adecuación al tipo de fuego</li><li>• Descuelgue la manguera desenrollando la misma en la dirección del fuego</li><li>• Abra el suministro de agua</li><li>• Tome las precauciones de seguridad del caso y avance en el sentido del fuego</li><li>• Apunte siempre a la base del fuego y cúbralo efectuando movimientos en zig zag</li></ul>
Instalaciones de rociadores, espumas y gases limpios	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua</li><li>• Espumas sintéticas</li><li>• Gases limpios</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar la adecuación al tipo de fuego</li><li>• Accionar y proceder según las instrucciones del instalador // Accionamiento automático.</li></ul>

Fuente: <https://goo.gl/X7c3Ar>

## 2.3 Sistemas contra incendios

Un sistema de protección contra incendio es un sistema que incluye dispositivos, soportería, equipos y controles para detectar fuego o humo, para hacer actuar una señal y para suprimir el fuego o humo. Los dos objetivos principales de la protección del fuego son salvar vidas y proteger las propiedades. (Lozano, y otros, 2017)

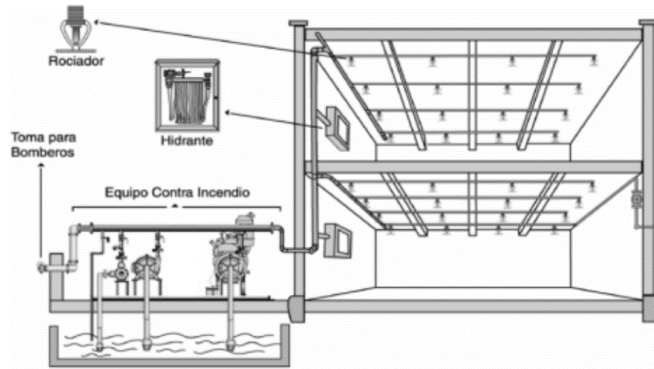
Actualmente existen varias normativas que fijan los requisitos mínimos para la protección de incendios, que se divide en dos grandes áreas, la pasiva que evita el inicio del fuego o su propagación, llegado el caso y la activa que ya es el uso directo de extintores, bocas de incendio y rociadores. (Lozano, y otros, 2017)

## 2.4 Partes de un sistema contra incendios

Un sistema contra incendios consta de las siguientes partes:

- Sistema de abastecimiento de agua.
- Sistema de bombeo.
- Red distribución agua: Tubería, Gabinetes.
- Sistema de Detección.
- Sistema de Extinción.

Figura 9-2. Sistema contra incendios



Fuente: (Cruz, y otros, 2017)

**2.4.1** *Sistema de abastecimiento de agua contra incendios.* Un sistema de abastecimiento de agua contra incendios es aquel que suministra el caudal y presión necesaria a los sistemas de protección que en él estén conectados. Principalmente está formado por una fuente inagotable de agua o depósito conectado a unas bombas, en función de la complejidad de los sistemas que estén conectados al mismo, que aseguran el correcto funcionamiento de los mismos. (UCO, 2017)

El abastecimiento de agua podrá alimentar a varios sistemas de protección si es capaz de asegurar, en el caso más desfavorable de utilización simultánea, los caudales y presiones de cada uno. (UCO, 2017)

Figura 10-2. Abastecimiento de agua contra incendios



Fuente: <https://goo.gl/hsooUm>



**2.4.2** *Sistema de bombeo contra incendios.* Una bomba contra incendios es una maquinaria que apoyada por un conjunto de dispositivos, permite el aporte de caudal y presión a un sistema contra incendios, debido a su uso poco frecuente se hace necesaria su revisión periódica para asegurar su perfecto funcionamiento. (Sunfire, 2009)

Esta maquinaria viene acompañada generalmente por una Bomba de Presurización (Bomba Jockey). (Sunfire, 2009)

Una Bomba Jockey, es el dispositivo que permite mantener presurizado el sistema, evitando que la bomba principal arranque constantemente.

Figura 11-2. Sistema de bombeo contra incendios



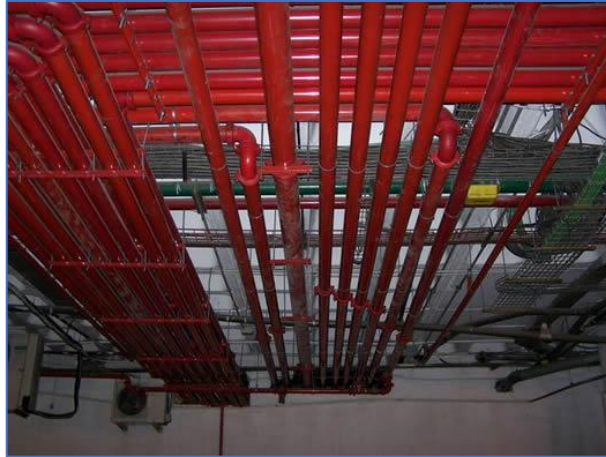
Fuente: <https://goo.gl/VQlHh5>

**2.4.3** *Red de distribución de agua contra incendios.* Una red de distribución de agua, generalmente, implica el conjunto de tuberías que conforman una red contra incendios y tiene como objetivo proporcionar agua al usuario.

Las tuberías que integran la distribución varían en diferentes diámetros y longitudes de acuerdo al área que deben cubrir. Una red de distribución debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Cantidad suficiente de agua
- Calidad adecuada
- Presión requerida en todas las zonas por abastecer

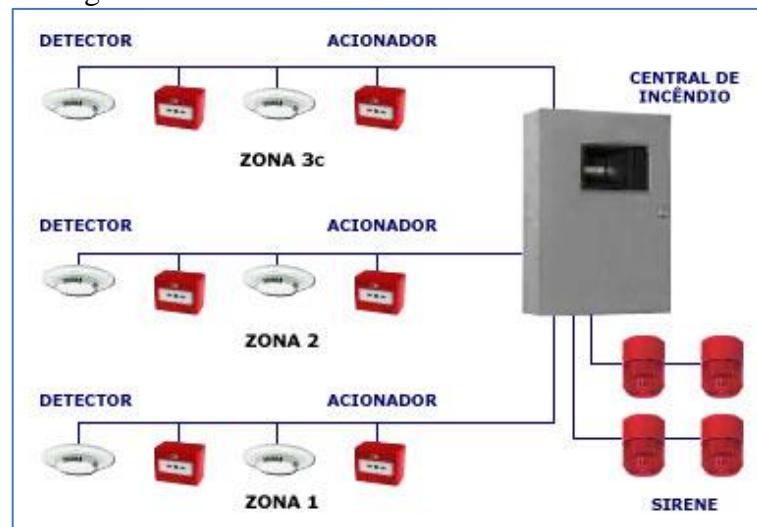
Figura 12-2. Red de distribución contra incendios



Fuente: <https://goo.gl/zD6TLL>

**2.4.4** *Sistemas de detección contra incendios.* Los sistemas de detección y alarma tienen por objeto descubrir rápidamente el incendio y transmitir la noticia para iniciar la extinción y la evacuación. Se pueden utilizar alarmas de humo y otros dispositivos de detección para activar el sistema de alarma. Incluso los sistemas manuales o visuales pueden ser considerados sistemas de alarma. (Ray, 2000)

Figura 13-2. Sistemas de detección contra incendios

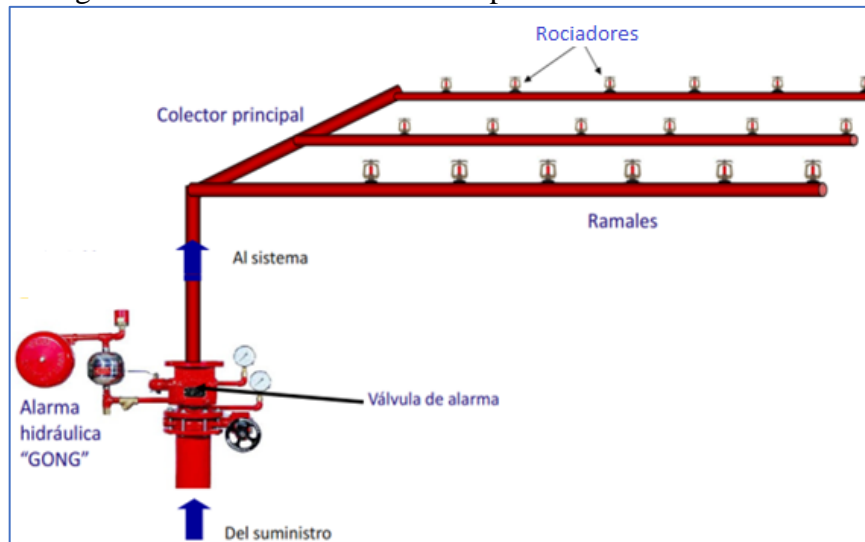


Fuente: <https://goo.gl/O1BTji>

**2.4.5** *Sistema de extinción por rociadores automáticos.* Los sistemas de extinción por rociadores automáticos están compuestos de rociadores que se activan al llegar a una temperatura determinada, abriéndose y liberando el agua de manera que el incendio se puede extinguir en sus primeras fases y evitan que arda la totalidad del recinto. (Empyros, 2017)

Los rociadores se distribuyen según la superficie y el tipo de riesgo a proteger. En caso de producirse un incendio en un área, sólo se dispararán los rociadores de esa zona. Cuando el fuego ha sido extinguido, los rociadores abiertos son cambiados por otros nuevos y el sistema está de nuevo listo para funcionar. (Empyros, 2017)

Figura 14-2. Sistema de extinción por rociadores automáticos



Fuente: <https://goo.gl/ponhdL>

## 2.5 Normas NFPA

La NFPA (National Fire Protection Association) es reconocida alrededor del mundo como la fuente autorizada principal de conocimientos técnicos, datos y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego y la protección y prevención. (Lozano, y otros, 2017)

La NFPA es una de las principales fuentes de normas y códigos para la protección contra incendios, y que se han entrelazado en la legislación a todos los niveles del gobierno. Los códigos y normas son preparados por técnicos de composición equilibrada para representar de forma justa todos los puntos de vista, y se encargan de preparar unas normas de seguridad contra incendios que resulten equitativas sin un gasto prohibitivo, sin interferencia con procedimientos ya establecidos. (Cruz, y otros, 2017)

Las principales normas NFPA son las siguientes:

- **NFPA 1-101.-** Identificación las áreas mayor riesgo.

- **NFPA 10.-** Distribución de extintores.
- **NFPA 13.-** Instalación sistema rociadores automáticos
- **NFPA 14.-** Prueba hidrostática para tuberías y tanques.
- **NFPA 20.-** Instalación de bombas de agua.
- **NFPA 22.-** Diseño e instalación de tanques para agua.
- **NFPA 24.-** Instalación de tomas de agua y tuberías.
- **NFPA 25.-** Evaluación y mantenimiento de sistemas.
- **NFPA 72.-** Diseño de sistemas de detección y alarmas.
- **NFPA 72E.-** Instalación detectores de humo y calor.
- **NFPA 231.-** Áreas de almacenamiento en general.

## 2.6 Evaluación de riesgos de incendio por el método Meseri

En este método se conjugan, de forma sencilla, las características propias de las instalaciones y medios de protección, de cara a obtener una cualificación del riesgo ponderada por ambos factores.

Ágil y fácil comprensión, el método permite al interlocutor realizar una evaluación rápida durante la inspección y efectuar, de forma casi instantánea, las recomendaciones oportunas para disminuir la peligrosidad del riesgo de incendio.

El método simplificado de evaluación del riesgo de incendio (Meseri) contempla dos bloques diferenciados de factores:

- **Factores propios de las instalaciones:** construcción, situación, procesos, concentración, propagabilidad y destructibilidad.
- **Factores de protección:** extintores, bocas de incendio equipadas, columnas hidrantes exteriores, detectores automáticos de incendios, rociadores automáticos e instalaciones fijas especiales.

### 2.6.1 Factores de construcción

- **Número de plantas o altura del edificio**

Tabla 3-2. Altura

Número de pisos	Altura	Coeficiente
1 o 2	menor que 6 m	3
3,4 o 5	entre 6 y 12 m	2
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 20 m	1
10 o más	más de 30 m	0

Fuente: Autor

- **Mayor sector de incendio**

Tabla 4-2. Mayor sector de incendio

Superficie mayor sector de incendio	Coeficiente
de 0 a 500 m <sup>2</sup>	5
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>	4
de 1501 a 2500 m <sup>2</sup>	3
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>	2
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>	1
más de 4500 m <sup>2</sup>	0

Fuente: Autor

- **Resistencia al fuego**

Tabla 5-2. Resistencia al fuego

Resistencia al fuego	Coeficiente
Resistente al fuego (hórmigon)	10
No combustible	5
Combustible	0

Fuente: Autor

- **Falsos techos**

Tabla 6-2. Falsos techos

Falsos techos	Coeficiente
sin falsos techos	5
con falsos techos incombustibles	3
con falsos techos combustibles	0

Fuente: Autor

## 2.6.2 Factores de situación

- **Distancia de los bomberos**

Tabla 7-2. Distancia de los bomberos

Distancia de bomberos		Coeficiente
Distancia (Km)	Tiempo (minutos)	
Menor de 5	5	10
Entre 5 y 10	5 y 10	8
Entre 10 y 15	10 y 15	6
Entre 15 y 25	15 y 25	2
Más de 25	25	0

Fuente: Autor

- Accesibilidad del edificio**

Tabla 8-2. Accesibilidad al edificio

Accesibilidad edificios	Anchura vía de acceso (m)	Fachadas	Distancia entre puertas (m)	Coeficientes
Buena	> 4	3	< 25	5
Media	2 – 4	2	< 25	3
Mala	< 2	1	> 25	1
Muy mala	no existe	0	> 25	0

Fuente: Autor

### 2.6.3 Procesos

- Peligro de activación**

Tabla 9-2. Peligro de activación

Peligro de activación	Coeficiente
Bajo	10
Medio	5
Alto	0

Fuente: Autor

- Carga térmica**

Tabla 10-2. Carga Térmica

Carga de fuego (térmica)*		Coeficiente
Baja (poco material combustible)	$Q < 100$	10
Media	$100 < Q < 200$	5
Alta (gran cantidad de material combustible)	$Q > 200$	0

Fuente: Autor

- **Combustibilidad**

Tabla 11-2. Combustibilidad

Combustibilidad	Coefficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: Autor

- **Orden y limpieza**

Tabla 12-2. Orden y limpieza

Orden y limpieza	Coefficiente
Bajo	0
Medio	5
Alto	10

Fuente: Autor

- **Almacenamiento en altura**

Tabla 13-2. Almacenamiento en altura

Almacenamiento en altura	Coefficiente
Menor de 2 m	3
Entre 2 y 4 m	2
Más de 4 m	0

Fuente: Autor

#### 2.6.4 Factores de concentración

- **Concentración de valores**

Tabla 14-2. Factor de concentración

Factor de concentración	Coefficiente
Menor de U\$S 800/ $m^2$	3
Entre (U\$S 800 y 2.000)/ $m^2$	2
Más de U\$S 2.000/ $m^2$	0

Fuente: Autor

Factores de destructibilidad. Se estudiará la influencia de los efectos producidos en un incendio, sobre las mercancías y maquinaria existentes. Se encuentra la destructibilidad de elementos de producción, materias primas, productos elaborados y semielaborados causado por las siguientes manifestaciones dañinas del incendio:

- **Por calor**

Tabla 15-2. Destructibilidad por calor

<b>Destructibilidad por calor</b>	<b>Coefficiente</b>
Baja (las existencias no se destruyen el fuego)	10
Media (las existencias se degradan por el fuego)	5
Alta (las existencias se destruyen por el fuego)	0

Fuente: Autor

- **Por humo**

Tabla 16-2. Destructibilidad por humo

<b>Destructibilidad por humo</b>	<b>Coefficiente</b>
Baja (humo afecta poco a las existencias)	10
Media (humo afecta parcialmente las existencias)	5
Alta (humo destruye totalmente las existencias)	0

Fuente: Autor

- **Por corrosión**

Tabla 17-2. Destructibilidad por corrosión y gases

<b>Destructibilidad por corrosión y gases*</b>	<b>Coefficiente</b>
Baja	10
Media	5
Alta	0

Fuente: Autor

- **Por agua**

Tabla 18-2. Destructibilidad por agua

<b>Destructibilidad por agua</b>	<b>Coefficiente</b>
Baja	10
Media	5
Alta	0

Fuente: Autor

## 2.6.5 Factores de propagabilidad

- **Vertical**



Tabla 19-2. Propagabilidad vertical

<b>Propagabilidad vertical</b> (transmisión del fuego entre pisos)	<b>Coefficiente</b>
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: Autor

- **Horizontal**

Tabla 20-2. Propagabilidad horizontal

<b>Propagabilidad vertical</b> (transmisión del fuego en el piso)	<b>Coefficiente</b>
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: Autor

**2.6.6 Factores de protección.** Los coeficientes a aplicar se calculan de acuerdo con las medidas de protección existentes en las instalaciones y atendiendo a la existencia o no de vigilancia permanente. Se entiende como vigilancia la operativa permanente de una persona durante los siete días de la semana a lo largo de todo el año.

Tabla 21-2. Factores de protección

<b>Elementos y sistemas de protección contra incendios</b>	<b>Sin vigilancia de mantenimiento (SV)</b>	<b>Con vigilancia de mantenimiento (CV)</b>
Extintores portátiles (EXT)	1	2
Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4
Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4
Detección automática (DET)	0	4
Rociadores automáticos (ROC)	5	8
Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4

Fuente: Autor

Una vez valorados los diferentes factores se efectuará el cálculo numérico para el valor del riesgo de incendio, siguiendo las siguientes pautas:

- **Subtotal X.** Suma de todos los coeficientes de los factores propios de la instalación.
- **Subtotal Y.** Suma de los coeficientes de los factores de protección.

El coeficiente de protección frente al incendio (P), se calculara aplicando la siguiente formula:

$$P = \frac{5X}{120} + \frac{5Y}{22} + 1(BCI) \quad (1)$$

En caso de existir Brigada Contra Incendio (BCI) se le sumara un punto al resultado obtenido anteriormente. En base al resultado obtenido se determina el nivel de riesgo y la aceptabilidad de acuerdo a los criterios de valorización establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 22-2. Criterios de valorización de P

Valor de P	Nivel de riesgo
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 a 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve
Aceptabilidad	Valor de P
Riesgo aceptable	$P > 5$
Riesgo no aceptable	$P \leq 5$

Fuente: Autor

## CAPÍTULO III

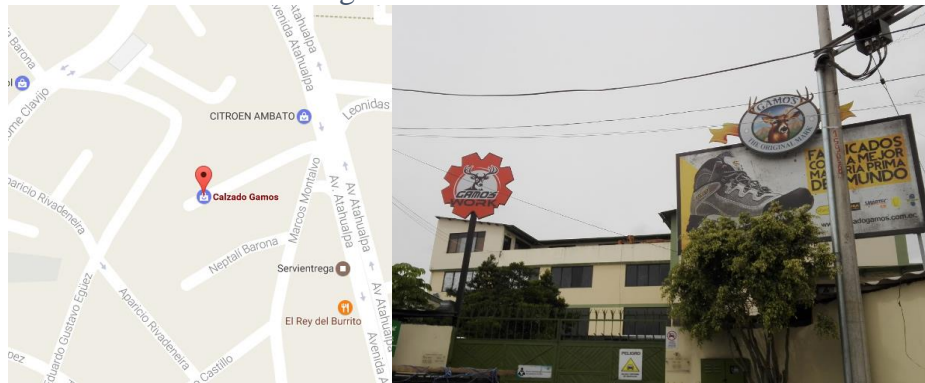
### 3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.

#### 3.1 Información general de la empresa

**Nombre o razón social:** Calzado GAMO'S

**Dirección:** Ciudadela la floresta, Calle principal av. Atahualpa y paje Reinaldo Miño  
Cantón Ambato

Figura 1-3. Localización



Fuente: <https://goo.gl/gZHsZG>

**Representante legal:** Miguel Ángel Gutiérrez Pérez

**Actividad empresarial:** Fabricación y comercialización de calzado

**Materia prima utilizada:** Cuero, suelas, cajas de cartón, pasadores, etiquetas, esponjas, pegantes, plantillas, puntas de acero y plásticas, telas, termo adheribles, látex, tol, etc.

**Material auxiliar:** Chavetas, brochas, envases.

**Productos:** Calzado de cuero

**Desechos:** Sólidos provenientes del cuero, materiales sólido de suela, tol, cartones, fundas plásticas, tanques, latas, pegantes, residuos de telas, papeles.

**3.1.1 Misión.** Innovamos, diseñamos, producimos y comercializamos calzado fabricado con tecnología de punta y la mejor materia prima del mundo, garantizando la satisfacción total de nuestros clientes.

**3.1.2 Visión.** Ser la empresa líder de producción de calzado en el mercado nacional y latinoamericano, llevando siempre un compromiso de calidad e innovación en nuestros productos, logrando que la fidelidad del cliente permanezca siempre junto a nuestra marca.

**3.1.3 Valores**

- Responsabilidad
- Compromiso
- Honestidad
- Equidad
- Lealtad
- Disciplina
- Pro actividad
- Honradez

**3.1.4 Estructura organizativa.** Le empresa cuenta con 187 trabajadores, que están distribuidos en las diferentes áreas organizativas, como se detalla en la siguiente tabla:

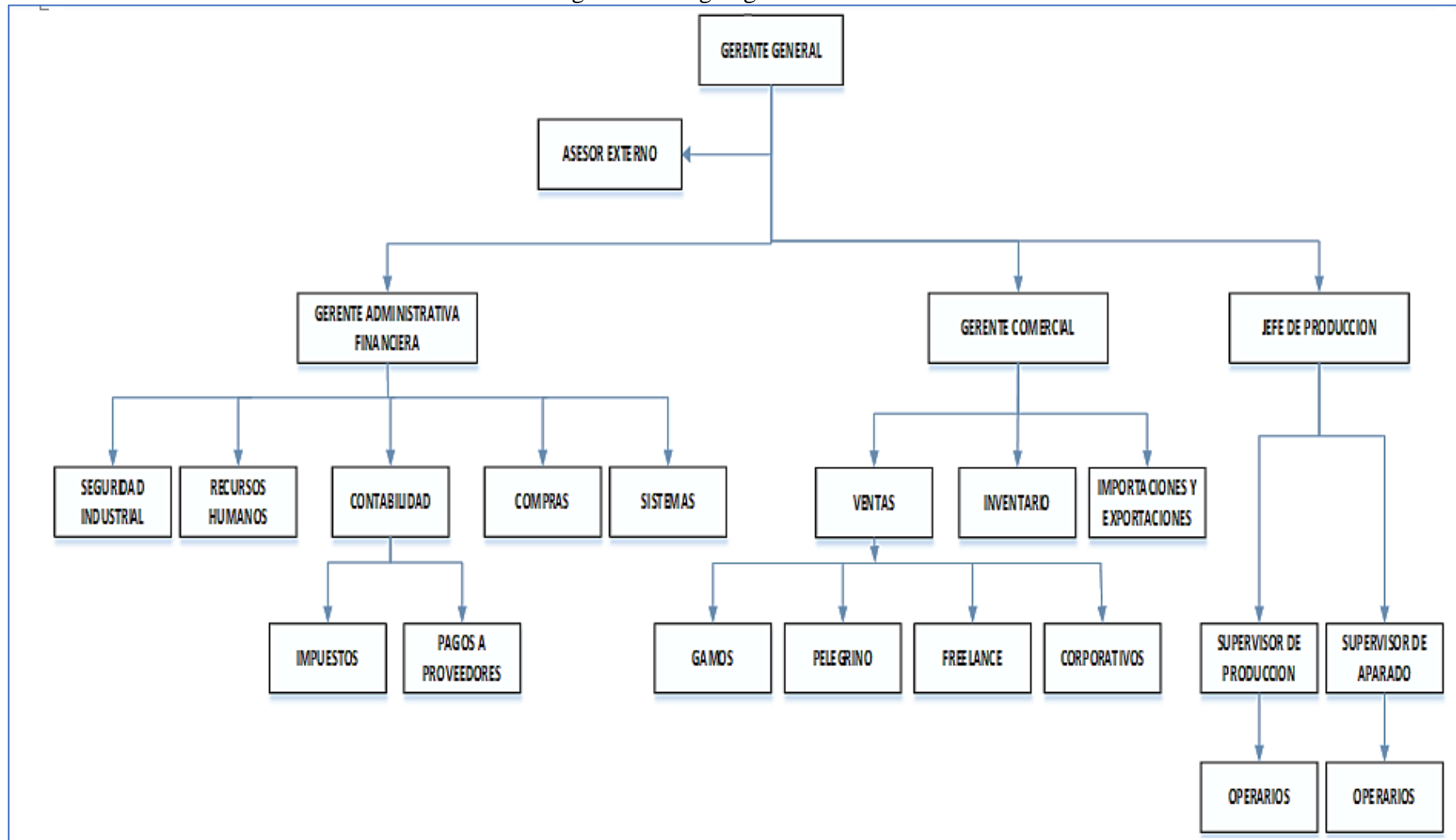
Tabla 1-3. Estructura organizativa GAMO'S

Total de trabajadores: 187					
ÁREA	HOMBRES	MUJERES	DISCAPACITADOS.		EXTRANJEROS
			MUJERES	HOMBRES	
Administración	7	6	--	--	--
Producción	117	47	4	4	--
Servicios complementarios	--	2	--	--	--

Fuente: Autor

A continuación, se puede observar el organigrama estructural de la empresa:

Figura 2-3. Organigrama GAMO'S



Fuente: Autor

### 3.2 Política de Seguridad y Salud Ocupacional de la fábrica Calzado GAMO'S

CALZADO GAMO'S líder en diseñar, producir y comercializar calzado de calidad y comprometido con la Seguridad y Salud Ocupacional en el desarrollo de las actividades de los procesos productivos, ha considerado prioritario garantizar el bienestar y una buena calidad de vida de sus trabajadores, para ello es necesario un ambiente de trabajo sano, buscando la mejora continua en sus procesos operativos, alineados a la prevención de riesgos laborales, para la cual programará una asignación de presupuesto económico, como también mantendrá su evaluación y cumplimiento de la legislación técnico legal vigente.

### 3.3 Proceso de producción

Básicamente, el proceso de producción de la empresa Calzado GAMO'S está constituido por las siguientes etapas: Corte, Destallado, Aparado, Armado, Terminado, Empacado y Almacenamiento.

Figura 3-3. Proceso de producción, Calzado GAMO'S



Fuente: <https://goo.gl/fSdG3h>

#### 3.3.1 Corte. A continuación se detalla, de forma general, el proceso de corte:

- Cortar las piezas según los patrones de diseño.
- Codificar las piezas según el tipo de calzado.
- Contar series de piezas cortadas.

- Rayar filos para el devastado.
- Cortar forros.

Figura 4-3. Corte



Fuente: Autor

**3.3.2 Destallado.** A continuación se detalla, de forma general, el proceso de destallado:

- Revisar orden de producción.
- Clasificar los cortes para rayarlos.
- Inspeccionar los patrones del diseño del calzado.
- Rayar las piezas.
- Destallar cada uno de los cortes.
- Ordenar los cortes.

Figura 5-3. Destallado



Fuente: Autor

**3.3.3 Aparado.** A continuación se detalla, de forma general, el proceso de aparado:

- Revisar orden de trabajo.
- Ensamblar piezas con pegamento.
- Coser piezas.
- Inspeccionar que estén bien las costuras.
- Pegar forros.
- Coser forros.
- Unir forros y piezas de cuero del calzado.
- Inspeccionar que estén bien ensambladas las piezas.

Figura 6-3. Aparado



Fuente: <https://goo.gl/TcFy5J>

**3.3.4** *Armado.* A continuación se detalla, de forma general, el proceso de armado:

- Centrado y armado de flancos:
  - Recibir el corte y la horma emplantillada.
  - Fijar los flancos a las hormas.
- Armado de puntas: Adicionar una puntera entre el forro y la punta de la capellada.
- Armado de talones:
  - Adicionar un contrafuerte al talón entre el cuero y el forro.
  - Pegar la planta del zapato
- Plantar: Dejar envejecer el cuero en un horno a 150°C.



- Dejar enfriar el calzado en un horno a  $-87^{\circ}\text{C}$  para que tome consistencia.
- Sacar hormas.

Figura 7-3. Armado

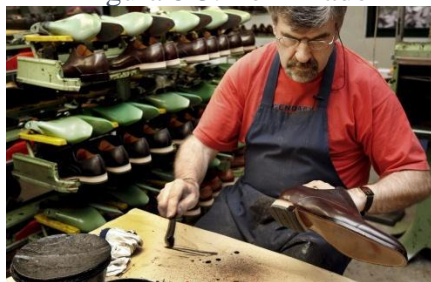


Fuente: Autor

**3.3.5 Terminado.** A continuación se detalla, de forma general, el proceso de terminado:

- Sacar residuos de pegante e hilos que tenga el calzado.
- Cepillar.
- Colocar cordones.
- Poner plantillas.

Figura 8-3. Terminado



Fuente: Autor

**3.3.6 Empacado.** A continuación se detalla, de forma general, el proceso de empacado:

- Codificar según los modelos y tallas
- Realizar el control de calidad.
- Empacar en las cajas con la marca de Calzado GAMO'S.

Figura 9-3. Empacado



Fuente: Autor

**3.3.7 Almacenamiento.** A continuación se detalla, de forma general, el proceso de almacenamiento:

- Recibir la orden de pedido.
- Contar las cajas de zapatos.
- Realizar inventario de producto terminado.
- Realizar informe al área de producción.

Figura 10-3. Almacenamiento



Fuente: Autor

### 3.4 Áreas de producción

Calzado GAMO'S está constituida por diferentes áreas de producción y administrativas:

- Administración
- Comedor y cocina
- Dispensario médico

- Bodega de cuero
- Bodega de materia prima
- Diseño
- Corte a mano y serigrafía
- Cortado de forros y rayado
- Destallado y cortado a troquel
- Armado
- Aparado y rayado interno
- Cardado
- Terminado
- Bodegas de producto terminado
- Showrooms
- Compresores
- Costura automática

La distribución de las diferentes áreas de producción y administración se puede observar en el *Anexo A. Distribución de Planta de la empresa de Calzado GAMO ´S.*

### 3.5 Análisis del riesgo contra incendios

La causa principal del riesgo de incendio es el manejo de materiales inflamables y combustibles, tales como, lubricantes, pegamentos, aceites, cuero, suelas, cajas de cartón, pasadores, etiquetas, esponjas, pegantes, plantillas, telas, etc.

Figura 11-3. Materiales Inflamables



Fuente: Autor

Figura 12-3. Líquidos Inflamables



Fuente: Autor

### 3.6 Análisis del material combustible o inflamable utilizado en la empresa

El fuego se clasifica de acuerdo al material combustible o inflamable que arde. Por lo tanto, para determinar la clase de fuego es necesario conocer los materiales que se utilizan en cada área de trabajo de la empresa.

A continuación, se detalla un análisis de los materiales que se utilizan en cada área de trabajo.

- **Área: Administración**

En la siguiente tabla, se detallan los materiales que pueden causar un incendio en el área de administración:

Tabla 2-3. Materiales, Área de Administración

<b>ÁREA: ADMINISTRACIÓN</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 12</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Computadoras, impresoras, copiadora, proyector Escritorios, sillas, sofá, papel boom, etc.
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Hojas de papel boom
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, plástico

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de administración se puede generar fuego del tipo A y C.

- **Área: Comedor y cocina**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área del comedor y la cocina. De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área del comedor y la cocina se puede generar fuego del tipo A, C y K.

Tabla 3-3. Materiales, Comedor y Cocina

<b>ÁREA: COMEDOR COCINA</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 3</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Refrigeradora, televisión, licuadora, nevera, dispensador de agua, etc. Cocina industrial de GLP, mesas de madera, bancas de madera, sillas plásticas y utensilios de cocina – comedor					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Aceites comestibles, GLP doméstico, alimentos necesarios para la preparación, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, plásticos, desechos orgánicos que se genera en la cocina (grasas, aceites, restos de comida, etc.)					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>TOXICIDAD</b>	<b>REACT.</b>	<b>ESPEC.</b>
GLP doméstico	2 tanques de 15 kg	4	1	0	

Fuente: Autor

- **Área: Dispensario médico**

Tabla 4-3. Materiales, Dispensario médico

<b>ÁREA: DISPENSARIO MÉDICO</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 1</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Radio 110v Esterilizador 110v Lámpara 110v Biombo (tela) Persianas (plásticos) Escritorio de madera, sillas, papel, carpetas de cartón					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Hojas de papel boom, carpetas, medicación necesaria para la empresa, tanque de oxígeno, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, plásticos, materiales corto punzantes, fluidos corporales, etc.					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>TOXICIDAD</b>	<b>REACT.</b>	<b>ESPEC.</b>
COLORO	1 galón	0	3	0	OX

Fuente: Autor

En la anterior tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el dispensario médico. De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área del dispensario médico se puede generar fuego del tipo A.

- **Área: Bodega de cuero**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en la bodega de cuero:

Tabla 5-3. Materiales, Bodega de cuero

<b>ÁREA: BODEGA DE CUERO</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 1</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, papel, carpetas de cartón, estantería de madera y cueros
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Hojas de papel boom, carpetas, medicación necesaria para la empresa, tanque de oxígeno, etc.
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Hojas de papel boom, cueros, etc.

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en la bodega de cuero se puede generar fuego del tipo A.

- **Área: Bodega de materia prima**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en la bodega de materia prima:

Tabla 6-3. Materiales, Bodega de materia prima

<b>ÁREA: BODEGA DE MATERIA PRIMA</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 3</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Computadora 110v Impresora Escritorio de madera, sillas, papel, carpetas de cartón, estantería de madera
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Hojas de papel boom, suelas, pegas, limpiadores, pasadores, forros, etiquetas, telas, pinturas, hilos, esponjas, plantillas, puntas de acero, contrafuertes, punteras, etc.
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, plástico, cartones, etc.
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>

Tabla 6-3. (Continua) Materiales, Bodega de materia prima

NOMBRE	CANTIDAD	INFLAMABILIDAD	TOXICIDAD	REACT.	ESPEC.
Halogenante Lh rápido	2 unidades de ½ L	4	3	1	
Regia PVC plantitack	5 Gal	3	1	1	
Limpiador de cuero 100	2 unidades de 25 L	4	2	0	
Arteprymer 323	2 unidades de 5 Gal	3	2	1	
Solución industrial	3 unidades de 14 Gal	3	1	1	
Clinol CL50	2 unidades de 30 L	3	1	0	
AM 11 (adhesivo-negro)	8 unidades de 5 Gal	4	2	0	
Arteprymer R480-L04	20 unidades de 0,5 L	3	1	0	

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de la bodega de materia prima se puede generar fuego del tipo A y B.

- **Área: Diseño**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de diseño:

Tabla 7-3. Materiales, Área de diseño

<b>ÁREA: DISEÑO</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 5</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Computadora Impresora Escritorio de madera, sillas, papel, estantería de madera, marcos					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Hojas de papel boom, carpetas, tol, cuero, plástico, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Hojas de papel boom, cueros, cartones, materiales solidos de tol, etc.					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
NOMBRE	CANTIDAD	INFLAMABILIDAD	TOXICIDAD	REACT.	ESPEC.
Thinner	1 L	3	2	0	

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de diseño se puede generar fuego del tipo A y C.

- **Área: Cortado a mano y Serigrafía**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de cortado a mano y serigrafía:

Tabla 8-3. Materiales, cortado a mano y serigrafía

<b>ÁREA: CORTADO A MANO Y SERIGRAFIA</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 6</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Máquina de serigrafía 220v Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, papel, carpetas de cartón, estantería de madera y cueros					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Pinturas, cuero, solventes, guaípe, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Hojas de papel boom, cueros, plásticos, guaípes, cartones					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>TOXICIDAD</b>	<b>REACT.</b>	<b>ESPEC.</b>
Thinner	1 L	3	2	0	W

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de cortado a mano y serigrafía se puede generar fuego del tipo A y C.

- **Área: Cortado de forros y rayado**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de cortado de forros y rayado:

Tabla 9-3. Materiales, Cortado de forros y rayado

<b>ÁREA: CORTADO DE FORROS Y RAYADO</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 4</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, estantería de madera, forros, gavetas plásticas, moldes					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Pinturas, forros, fundas, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, plásticos, cartones, pedazos de forros, etc.					

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de cortado de forros y rayado se puede generar fuego del tipo A.



- **Área: Destellado y cortado a troquel**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de destellado y cortado a troquel: De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de destellado y cortado a troquel se puede generar fuego del tipo A y C.

Tabla 10-3. Materiales, Destellado y cortado a troquel

<b>ÁREA: DESTELLADO Y CORTADO A TROQUEL</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 12</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Máquinas de destellar 220v Ventiladores 110v Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, estantería de madera , gavetas plásticas, bolsas
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Pinturas, cuero, fundas, etc.
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, cueros, plásticos, cartones

Fuente: Autor

- **Área: Armado**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de armado:

Tabla 11-3. Materiales, Armado

<b>ÁREA: ARMADO 1</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS 7</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Máquina 220v Ventiladores 110v Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, papel, cuero, estantería de madera, gavetas plásticas, forros, hormas					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Pinturas, cuero, fundas, forros, pegas, clavos, puntas de acero, suelas, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, cueros, plásticos, cartones, pedazos de forros, material corto punzante, etc.					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
NOMBRE	CANTIDAD	INFLAMABILIDAD	TOXICIDAD	REACT.	ESPEC.
AM11 Adhesivo – Negro	5 Gal	3	2	0	
Disolver EP 206	½ L	3	2	0	

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de armado 1 se puede generar fuego del tipo A, B y C.

- **Área: Aparado y rayado interno**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de aparado y rayado interno:

Tabla 12-3. Materiales, Aparado y Rayado interno

<b>ÁREA: APARADO Y RAYADO INTERNO</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 67</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Máquina 220v Ventiladores 110v Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, papel, cuero, estantería de madera, gavetas plásticas, forros					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Cuero, fundas, forros, pegas, hilos, agujas, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, cueros, plásticos, cartones, pedazos de forros, hilos, etc.					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>TOXICIDAD</b>	<b>REACT.</b>	<b>ESPEC.</b>
AM11 Adhesivo – Negro	5 Gal	3	2	0	
Cemento de contacto	5 Gal	3	1	0	
Gasolina	5 Gal	3	1	0	

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de aparado y rayado interno se puede generar fuego del tipo A, B y C.

- **Área: Cardado**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de cardado de capellado:

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de cardado de capellado se puede generar fuego del tipo A y C.

Tabla 13-3. Materiales, Cardado

<b>ÁREA: CARDADO</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 3</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Máquina 220v Ventiladores 110v Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Cuero, estantería de madera, gavetas plásticas, forros, hormas
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Cuero, fundas, forros, limpiador, pasadores, etc.
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Plásticos, pedazos de forros, material particulado de cuero, etc.

Fuente: Autor

- **Área: Preparado de suelas**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de preparado de suelas:

Tabla 14-3. Materiales, Preparado de suelas

<b>ÁREA: PREPARADO DE SUELAS</b>					
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 2</b>					
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Ventiladores 110v Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v					
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Fundas, suelas, limpiadores, etc.					
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Plásticos, cartones, etc.					
<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b>					
NOMBRE	CANTIDAD	INFLAMABILIDAD	TOXICIDAD	REACT.	ESPEC.
Arteprymer 313	½ L	3	2	1	
Arteprymer 522	½ L	3	2	1	
Arteprymer 480 L04	¼ L	3	1	0	

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de preparado de suelas se puede generar fuego del tipo A.

- **Área: Terminado**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en el área de terminado:

Tabla 15-3. Materiales, Terminado

<b>ÁREA: TERMINADO</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 12</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Circuito de fuerza 110v Calzado de cuero, fundas plásticas, cartón, papel
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Fundas, calzado, cartón, etc.
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Plástico, cartón, etc.

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en el área de terminado se puede generar fuego del tipo A.

- **Área: Bodegas de producto terminado.**

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que pueden causar un incendio en las bodegas de producto terminado:

Tabla 16-3. Materiales, Bodegas de producto terminado

<b>ÁREA: BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS: 3</b>
Máquinas y equipos eléctricos, materiales combustibles Iluminación con lámparas fluorescentes 110v Computadora Digitalizador Calzado de cuero Circuito de fuerza 110v Escritorio de madera, sillas, estantería de madera, fundas plásticas, cartón
<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA:</b> Fundas, calzado, cartón, etiquetas de papel
<b>DESECHOS GENERADOS:</b> Papel, plásticos, cartones, etc.

Fuente: Autor

De acuerdo a los materiales que se utilizan, se concluye que, en la bodega de producto terminado puede generar fuego del tipo A.

### 3.6.1 *Determinación de las clases de fuego que podrían producirse en la empresa.*

La clase de fuego, que puede producirse en la empresa, se determina en base al análisis (realizado en el apartado anterior) del tipo de material que se utiliza en cada área de la

empresa. En la siguiente tabla, se puede observar un resumen de las diferentes clases de fuego que pueden producirse en la empresa de calzado GAMO'S.

Tabla 17-3. Clases de fuego, Calzado GAMO'S

ÁREAS	TIPO DE FUEGO
Administración	A y C
Comedor y cocina	A, C y K
Dispensario médico	A
Bodega de cuero	A
Bodega de materia prima	A y B
Diseño	A y C
Corte a mano y serigrafía	A y C
Cortado de forros y rayado	A
Destallado y cortado a troquel	A y C
Armado	A, B y C
Aparado y rayado interno	A, B y C
Cardado	A y C
Terminado	A
Bodegas de producto terminado	A
Showrooms	A
Compresores	C
Costura automática	A y C

Fuente: Autor

Los tipos de fuegos que pueden llegar a generarse en la empresa GAMO'S son de clase "A" "B" "C", "K", por lo que la elección del agente extintor o medio de protección contra incendios se hará en función de la mejor agente extintor.

**3.6.2** *Probabilidad de ocurrencia de un incendio.* La empresa de Calzado GAMO'S, posee un Plan de Seguridad.

Donde se especifica la probabilidad de incendio existente en cada área, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 18-3. Probabilidad de ocurrencia de incendios

ÁREAS	Probabilidad
Administración	Baja
Comedor y cocina	Media
Dispensario médico	Baja
Bodega de cuero	Media
Bodega de materia prima	Media
Diseño	Baja
Corte a mano y serigrafía	Media
Cortado de forros y rayado	Baja
Destallado y cortado a troquel	Baja
Armado	Media
Aparado y rayado interno	Media
Cardado	Media
Terminado	Media
Bodegas de producto terminado	Alta
Showrooms	Baja
Compresores	Media
Costura automática	Media

Fuente: Plan de Seguridad de la empresa de calzado GAMO'S

La probabilidad de incendios en la empresa de Calzado GAMO'S es media-alta, es decir el riesgo de incendio está latente, por lo tanto es necesario adoptar las medidas de prevención necesarias.

Cabe recalcar que la mayor probabilidad de generación de incendios se encuentra en las bodegas de materia prima y productos terminados, por lo que en el diseño del sistema contra incendios se dará mayor importancia a estas áreas.

### 3.7 Análisis del estado actual del sistema de defensa contra incendios

En el sistema actual de defensa contra incendios, se cuenta con algunos extintores, pero es evidente la falta de más unidades de extintores porque los existentes no son suficientes y no están en condiciones para controlar un flagelo. Los extintores con los que cuenta la empresa se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19-3. Extintores que posee la empresa GAMO'S

EXTINTORES EN GAMO'S	EXT 01	EXT 02	EXT 03	EXT 04	EXT 05
FECHA INSPECCIÓN	Mar-11	Mar-11	Mar-11	Mar-11	Mar-11
UBICACIÓN	Planta de Producción	Planta de Producción	Planta de Producción	Sección Compresores	Comedor
TIPO	PQS (ABC)	PQS (ABC)	CO <sub>2</sub> (ABC)	PQS (ABC)	PQS (ABC)
CAPACIDAD (Lbros)	20	20	5	50	20
FECHA DE MANTENIMIENTO	OK	OK	OK	OK	OK
FECHA DE CADUCIDAD	OK	OK	OK	OK	OK
MANÓMETRO	NO	NO	OK	NO	NO
SELLO Y PASADOR	OK	OK	OK	OK	OK
INSTRUCCIONES ESPAÑOL	NO	NO	OK	NO	NO
MARCA	FULERI	NCOLDEXT	SICLI	FULERI	RHINO GAS
OBSERVACIONES	Su ubicación no es correcta	Su ubicación no es correcta	Su ubicación no es correcta	Su ubicación no es correcta	Su ubicación no es correcta

Fuente: Plan de Seguridad Empresa GAMO'S

### 3.8 Deficiencias del sistema actual de defensa contra incendios.

Las deficiencias detectadas en el sistema actual de defensa contra incendios:

- No existe señalización adecuada para identificar la localización de los extintores dentro de la empresa.
- No existe una adecuada distribución de los extintores dentro de la empresa.
- No se cuenta con un sistema de detección y extinción de incendios, de acuerdo al tipo y grado.
- No posee la adecuada y suficiente señalización visual y audible, que permita al personal tomar medidas de acción, prevención y protección debida en situaciones de emergencia.
- Los extintores se encuentran obstaculizados lo que impide su acceso.
- Los extintores existentes no son los necesarios.

- No se cuenta con una brigada contra incendios.

Figura 13-3. Deficiencias en el sistema contra incendios actual



Fuente: <https://goo.gl/B2Ksup>

En resumen, el sistema actual de defensa contra incendios solo cuenta con un grupo de extintores; aunque estos elementos son sumamente importantes a la hora de combatir un incendio, no son suficientes. Por tal motivo, por medio del presente trabajo de titulación, se diseñará un sistema contra incendios.



## CAPÍTULO IV

### 4. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS EN LA EMPRESA DE CALZADO GAMO`S.

La probabilidad de ocurrencia de incendio, en la empresa de Calzado GAMO`S, es media-alta; y según la NFPA 13 la empresa pertenece al grupo de ocupaciones de riesgo ordinario 2, es decir, a las ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es muy alta y están presentes líquidos inflamables o combustibles, polvo, pelusas u otros materiales, que introducen la probabilidad de existencia de incendios con un rápido desarrollo y elevados índices de liberación de calor.

Para comprobar, lo mencionado anteriormente, se realizará la evaluación del riesgo de incendio existente en la empresa de calzado GAMO`S. Para la evaluación se aplicará el método Meseri, como se detalla en la figura 28.

El método Meseri evalúa diferentes factores según las tablas establecidas en el apartado 2.6 Evaluación de riesgos de incendio por el método Meseri. En base a los coeficientes determinados se calcula el coeficiente de protección P frente al incendio con la fórmula:

$$P = \frac{5X}{120} + \frac{5Y}{22}$$

Donde:

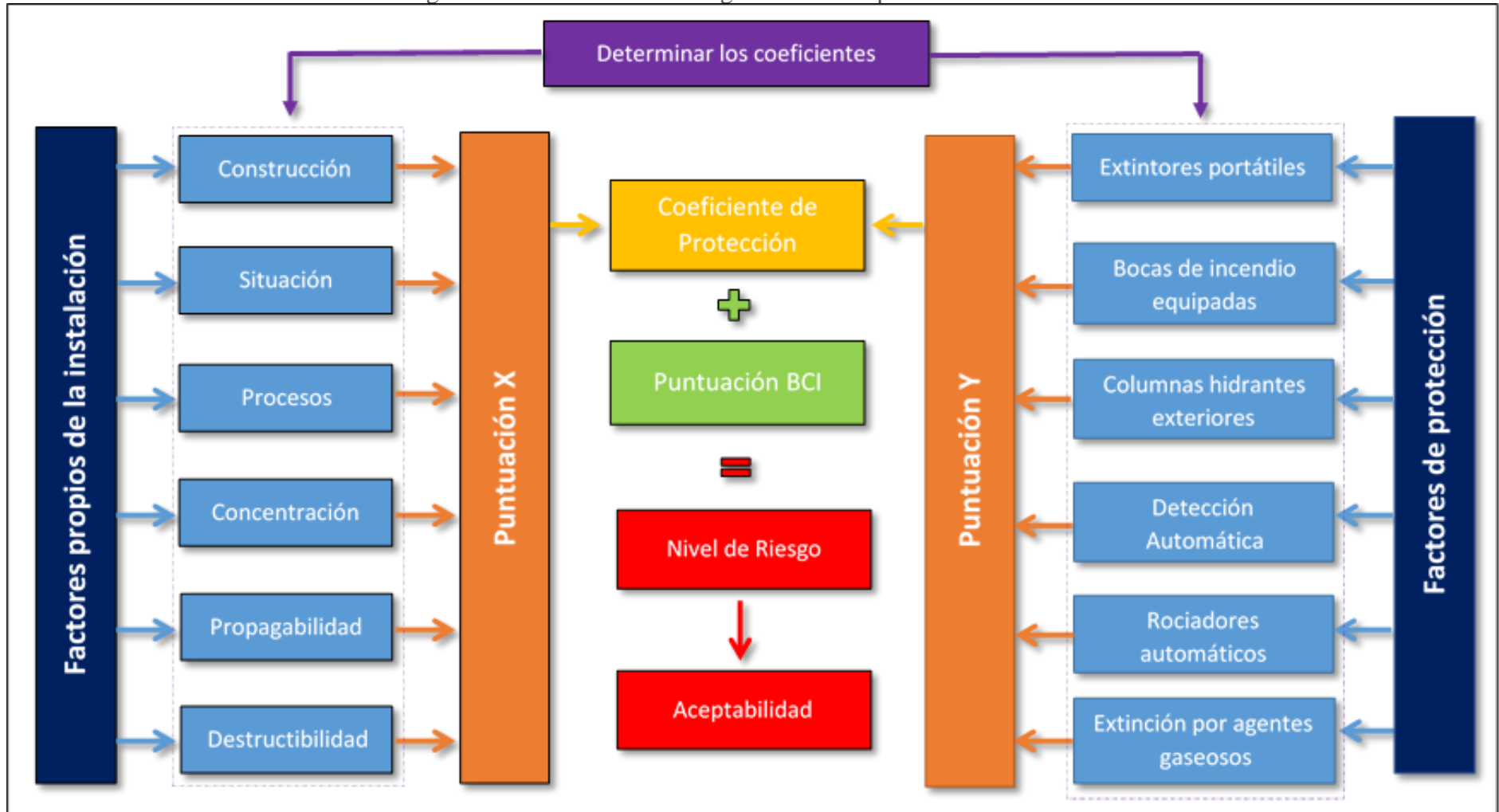
“X” es la sumatoria de los coeficientes de los factores propios de la instalación.

“Y” es la sumatoria de los coeficientes de los factores de protección.

En caso de existir Brigada Contra Incendio (BCI) se le sumara un punto al resultado obtenido en coeficiente de protección. En base al resultado obtenido se determina el nivel de riesgo y la aceptabilidad según los criterios de valorización P establecidos en la tabla 22

El resultado obtenido, en la evaluación del riesgo de incendio de GAMO`S, se lo puede observar en la tabla 42.

Figura 1-4. Evaluación del riesgo de incendio por el método Meseri



Fuente: Autor

Tabla 1-4. Evaluación del riesgo de incendio, GAMO'S

CONSTRUCCIÓN				PROPAGABILIDAD							
Nº de pisos	Altura	Coeficiente	Puntos	Vertical	Coeficiente	Puntos					
1 o 2	menor de 6 m.	3	2	Baja	5	5					
3, 4 o 5	entre 6 y 15 m.	2		Media	3						
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 27 m.	1		Alta	0						
10 o más	más de 30 m.	0		Horizontal	Coeficiente	Puntos					
Superficie mayor sector Incendios		Coeficiente	Puntos	Baja	5	0					
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5	4	Media	3						
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>		4		Alta	0						
de 1501a 2500 m <sup>2</sup>		3		DESTRUCTIBILIDAD							
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>		2		Por calor	Coeficiente	Puntos					
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>		1	Baja	10	5						
más de 4500 m <sup>2</sup>		0	Media	5							
Resistencia al fuego		Coeficiente	Puntos	Alta			0				
Resistente al fuego (hormigón)		10	10	Por humo	Coeficiente	Puntos					
No combustible		5		Baja	10	10					
Combustible		0		Media	5						
Falsos techos		Coeficiente	Puntos	Alta	0						
Sin falsos techos		5	5	Por corrosión	Coeficiente	Puntos					
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	10	10					
Con falsos techos combustibles		0		Media	5						
FACTORES DE SITUACIÓN				Alta	0						
Distancia bomberos		Coeficiente	Puntos	Por agua	Coeficiente	Puntos					
menor de 5 km		10	10	Baja	10	0					
entre 5 y 10 km		8		Media	5						
entre 10 y 15 km		6		Alta	0						
entre 15 y 25 km		2		SUBTOTAL (X)			71				
más de 25 km		0	Factor Medios de Protección Humana		SV	CV	Puntos				
Accesibilidad de edificios		Coeficiente	Puntos	Extintores portátiles (EXT)	1	2	2				
Buena		5	3	Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4	0				
Media		3		Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4	0				
Mala		1		Detección automática (DET)	0	4	0				
Muy mala		0		Rociadores automáticos (ROC)	5	8	0				
PROCESOS				Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4	0				
Peligro de activación		Coeficiente	Puntos	SUBTOTAL (Y)				2			
Bajo		10	0	Cálculo del coeficiente de Protección "P": $P = (5 \times X : 120) + (5 \times Y : 22) + 1 \text{ (BCI)} = 3.41288$ En caso de existir Brigada Contra Incendio (BCI) se le sumara un punto al resultado obtenido anteriormente  El riesgo se considera <b>aceptable</b> cuando $P \geq 5$ .							
Medio		5									
Alto		0									
Carga térmica		Coeficiente	Puntos					OBSERVACIONES			
Baja (Q < 100 Mcal/m2)		10	No existe brigada contra incendio. Riesgo no aceptable. Riesgo grave.								
Media (100 < Q < 200 Mcal/m2)		5									
Alta (Q > 200 Mcal/m2)		0									
Combustibilidad		Coeficiente	Puntos	CONCLUSIÓN: Se determinó que el riesgo de incendio en la empresa de Calzado GAMO'S, es un Riesgo Grave No Aceptable, por tal motivo, es necesario diseñar el sistema de defensa contra incendios.							
Baja (M.0 y M.1)		5									
Media (M.2 y M.3)		3									
Alta (M.4 y M.5)		0									
Orden y limpieza		Coeficiente	Puntos								
Bajo		0	5								
Medio		5									
Alto		10									
Almacenamiento en altura		Coeficiente	Puntos								
menor de 2 m		3	0								
entre 2 y 4 m		2									
más de 6 m		0									
FACTOR DE CONCENTRACIÓN											
Factor de concentración		Coeficiente	Puntos								
menor de 50.000 pts/m2		3	2								
entre 50 y 200.000 pts/m2		2									
más de 200.000 pts/m2		0									

Fuente: Autor

## **CAPÍTULO V**

### **5. DISEÑO DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA INCENDIOS PARA LA EMPRESA CALZADO GAMO`S.**

#### **5.1 Factores de diseño del sistema contra incendios**

Para diseñar el sistema contra incendios se ha considerado los siguientes factores:

- **Tipo de Fuego**

Los tipos de fuegos que pueden llegar a generarse en la empresa GAMO`S son de clase "A" "B "C", "K", por lo que la elección del agente extintor o medio de protección contra incendios se hará en función de la mejor manera de extinguir estos tipos de fuego.

- **Probabilidad de incendio**

La probabilidad de incendios en la empresa de Calzado GAMO`S es media-alta, es decir el riesgo de incendio está latente. Cabe recalcar que la mayor probabilidad (probabilidad alta) de generación de incendios se encuentra en las bodegas de materia prima y productos terminados, por lo que en el diseño del sistema contra incendios se dará mayor importancia a estas áreas.

**5.1.1 *Análisis de los factores de diseño del sistema contra incendios.*** Por medio del análisis de los factores de diseño, se determinó que en las siguientes áreas de la empresa se realizará un sistema de rociadores de agua contra incendio:

- Bodega de producto terminado 1
- Bodega de producto terminado 2
- Bodega de producto terminado 3

Se consideró estas áreas por dos motivos: 1) porque la probabilidad de incendio en estas áreas es alta y 2) porque el tipo de fuego que se produce en estas áreas es de clase A, por tal motivo, es posible utilizar agua como el agente extintor de incendio.

En las áreas de la empresa con probabilidad de incendio baja- media, se genera fuego de clase C; por lo cual no se recomienda, ni se debe, utilizar agua como agente extintor. Por tal motivo en estas áreas donde el tipo de fuego es A, B, C y K, se debe: 1) calcular la cantidad y el tipo de extintores necesarios y 2) diseñar el mapa de ubicación de los extintores.

## **5.2        Diseño del sistema de rociadores contra incendios**

Los pasos a seguir para diseñar el sistema contra incendios son los siguientes:

- Realizar un análisis de riesgo para seleccionar el tipo de ocupancia que vamos a proteger, para ello debemos de analizar cada ambiente a fin de determinar el de mayor riesgo.
- Realizar la distribución de rociadores de acuerdo al riesgo estipulado en cada área.
- Realizar el Cálculo Hidráulico a fin de determinar las condiciones de Presión y Caudal que requiere el sistema contra incendios.

**5.2.1        *Análisis del riesgo.*** El análisis del riesgo se realiza en las siguientes áreas de la empresa:

- Bodega de producto terminado 1
- Bodega de producto terminado 2
- Bodega de producto terminado 3

La ubicación de las bodegas se puede observar en el Anexo A. Distribución de Planta.

### **5.2.1.1        *Bodega de producto terminado 1***

**Área:** La bodega de producto terminado 1 tiene un área total de  $139\text{ m}^2 = 1500\text{ ft}^2$

**Tipo de ocupancia:** Riesgo Ordinario II (Según *Anexo B. Tipo de ocupaciones*)

**Requerimiento:**

- Área de diseño:  $A_d = 1500 \text{ ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Densidad de diseño:  $\rho = 0.20 \text{ gpm/ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Flujo mínimo de agua por rociador:  $Q_r = A_d \times \rho = 1500 \times 0.20 = 300 \text{ gpm}$
- Flujo mínimo de agua por gabinetes: 100 gpm por cada gabinete (Según Anexo C Tabla 1) como se considera tres gabinetes el flujo mínimo es  $Q_g = 300 \text{ gpm}$ .
- Flujo de agua de todo el sistema:  $Q_T = Q_r + Q_g = 300 + 300 = 600 \text{ gpm}$
- Tiempo de operación del sistema:  $t = 90 \text{ minutos}$  (Según Anexo C Tabla 1)
- Volumen total de agua requerido:  $V = Q_T \times t = 600 \times 90 = 54\,000 \text{ gl} = 204.41 \text{ m}^3$

#### 5.2.1.2 Bodega de producto terminado 2

**Área:** La bodega de producto terminado 2 tiene un área total de  $140 \text{ m}^2 = 1507 \text{ ft}^2$

**Tipo de ocupancia:** Riesgo Ordinario II (Según Anexo B. Tipo de ocupaciones)

#### Requerimiento:

- Área de diseño:  $A_d = 1507 \text{ ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Densidad de diseño:  $\rho = 0.20 \text{ gpm/ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Flujo mínimo de agua por rociador:  $Q_r = A_d \times \rho = 1507 \times 0.20 = 301.4 \text{ gpm}$
- Flujo mínimo de agua por gabinetes: 100 gpm por cada gabinete (Según Anexo C Tabla 1) como se considera tres gabinetes el flujo mínimo es  $Q_g = 300 \text{ gpm}$ .
- Flujo de agua de todo el sistema:  $Q_T = Q_r + Q_g = 301.4 + 300 = 601.4 \text{ gpm}$

- Tiempo de operación del sistema:  $t = 90 \text{ minutos}$  (Según Anexo C Tabla 1)
- Volumen total de agua requerido:  $V = Q_T \times t = 601.4 \times 90 = 54\,126 \text{ gl} = 204.9 \text{ m}^3$

### 5.2.1.3 Bodega de producto terminado 3

**Área:** La bodega de producto terminado 3 tiene un área total de  $140.25 \text{ m}^2 = 1509.63 \text{ ft}^2$

**Tipo de ocupancia:** Riesgo Ordinario II (Según Anexo B. Tipo de ocupaciones)

#### Requerimiento:

- Área de diseño:  $A_d = 1509.63 \text{ ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Densidad de diseño:  $\rho = 0.20 \text{ gpm/ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Flujo mínimo de agua por rociador:  $Q_r = A_d \times \rho = 1509.63 \times 0.20 = 301.9 \text{ gpm}$
- Flujo mínimo de agua por gabinetes:  $100 \text{ gpm}$  por cada gabinete (Según Anexo C Tabla 1) como se considera tres gabinetes el flujo mínimo es  $Q_g = 300 \text{ gpm}$ .
- Flujo de agua de todo el sistema:  $Q_T = Q_r + Q_g = 301.9 + 300 = 601.9 \text{ gpm}$
- Tiempo de operación del sistema:  $t = 90 \text{ minutos}$  (Según Anexo C Tabla 1)
- Volumen total de agua requerido:  $V = Q_T \times t = 601.9 \times 90 = 54\,171 \text{ gl} = 205.1 \text{ m}^3$

Según se muestra el área de mayor riesgo es el área de bodega de producto terminado 3, será preciso verificar el requerimiento de mayor demanda de presión según los cálculos hidráulicos.

**5.2.2 Distribución de los rociadores.** Según la norma NFPA 13, para ocupaciones de riesgo ordinario 2, el área de cobertura de un rociador deber ser máximo  $A_r = 130 \text{ ft}^2 = 12.1 \text{ m}^2$  y la separación máxima entre rociadores debe ser  $15 \text{ ft} = 4.6 \text{ m}$ .

(Ver Anexo C Tabla 2), por lo tanto, la distribución de los rociadores en las bodegas se realizará en base a estos criterios.

#### **5.2.2.1** *Bodega de producto terminado 1*

- Área de operación:  $A_o = 139 \text{ m}^2$
- Separación entre rociadores a lo largo de los ramales:  $S = 3.6 \text{ m}$
- Separación de los rociadores entre ramales:  $L = 3.3 \text{ m}$
- Área de cobertura de un rociador:  $A_r = S \times L = 3.6 \times 3.3 \approx 12 \text{ m}^2$
- Número de rociadores:  $R = \frac{A_o}{A_r} = \frac{139}{12} \approx 12$

La distribución de los rociadores en la bodega de producto terminado 1 se la puede observar en el Anexo D. Distribución de los Rociadores.

#### **5.2.2.2** *Bodega de producto terminado 2*

- Área de operación:  $A_o = 140 \text{ m}^2$
- Separación entre rociadores a lo largo de los ramales:  $S = 3.6 \text{ m}$
- Separación de los rociadores entre ramales:  $L = 3.3 \text{ m}$
- Área de cobertura de un rociador:  $A_r = S \times L = 3.6 \times 3.3 \approx 12 \text{ m}^2$
- Número de rociadores:  $R = \frac{A_o}{A_r} = \frac{139}{12} \approx 12$

La distribución de los rociadores en la bodega de producto terminado 2 se la puede observar en el Anexo D. Distribución de los Rociadores.



### 5.2.2.3 Bodega de producto terminado 3

- Área de operación:  $A_o = 140.25 \text{ m}^2$
- Separación entre rociadores a lo largo de los ramales:  $S = 3.6 \text{ m}$
- Separación de los rociadores entre ramales:  $L = 3.3 \text{ m}$
- Área de cobertura de un rociador:  $A_r = S \times L = 3.6 \times 3.3 \approx 12 \text{ m}^2$
- Número de rociadores:  $R = \frac{A_o}{A_r} = \frac{140.25}{12} \approx 12$

La distribución de los rociadores en la bodega de producto terminado 3 se la puede observar en el Anexo D. Distribución de los Rociadores.

**5.2.2.4 Número de rociadores a utilizar.** En la siguiente tabla se puede observar el número total de rociadores que se requieren para el sistema contra incendios:

Tabla 1-5. Número de rociadores

Bodegas	Área ( $\text{m}^2$ )	Número de Rociadores
Bodega de producto terminado 1	139	12
Bodega de producto terminado 2	140	12
Bodega de producto terminado 3	140.25	12
<b>Total</b>	<b>419.25</b>	<b>36</b>

Fuente: Autor

**5.2.3 Cálculo Hidráulico para determinar la presión y el caudal del sistema.** Una vez distribuidos los rociadores en todas las áreas comprendidas, se procede a realizar el cálculo hidráulico a fin de determinar las condiciones de presión y caudal que requiere el sistema, para ello se debe calcular el área de mayor riesgo.

Por tal motivo, el cálculo se realizará en la bodega de producto terminado 3, por ser el área de mayor riesgo y además ser el área más alejada del cuarto de bombas.

### 5.2.3.1 Caudal mínimo del rociador más crítico

- Área de cobertura del rociador más crítico:  $A_r = S \times L = 3.6 \times 3.3 \approx 12 \text{ m}^2 = 129 \text{ ft}^2$
- Densidad de diseño:  $\rho = 0.20 \text{ gpm/ft}^2$  (Según Anexo C. Figura 1)
- Caudal mínimo:  $Q = A_r \times \rho = 129 \times 0.2 = 25.8 \text{ gl}$

### 5.2.3.2 Presión mínima del rociador

- Caudal mínimo:  $Q = 25.8 \text{ gl}$
- Factor de descarga del rociador:  $k = 8$  (Según Anexo C Tabla 7)
- Presión mínima:  $P = (Q/k)^2 = (25.8/8)^2 = 10.4 \text{ PSI}$

### 5.2.3.3 Pérdida de presión

La fórmula para determinar la pérdida de presión es:

$$\Delta P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}(L_{eq}) \quad (2)$$

Donde:

$\Delta P$  = Pérdida de presión (PSI)

$Q$  = Caudal en (gpm)

$d$  = Diámetro de la tubería (in)

$C$  = Constante de Hazen William

$L_{eq}$  = Longitud equivalente

Como punto de partida se conoce:

$$Q_1 = 25.8 \text{ gpm}$$

$$P_1 = 10.4 \text{ PSI}$$

$$k = 8$$

Tubería principal:  $\emptyset = 6 \text{ in}$  Cédula 40 (Según Anexo C. Tabla 3)

Tubería secundaria:  $\emptyset = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$  Cédula 40 (Según Anexo C. Tabla 4)

$C = 120$  (Según Anexo C. Tabla 6)

Los cálculos se realizarán en función de los nodos que posee el sistema. (Ver Anexo E. Nodos del Sistema Contra Incendios)

- **NODO 1**

$$Q_1 = 25.8 \text{ gpm}$$

$$P_1 = 10.4 \text{ PSI}$$

Diámetro interno de la tubería secundaria:  $d = 1.61 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)

$$C = 120$$

$$L_{eq} = 3 \text{ m} = 9.84 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 2 al nodo 1 es:

$$\Delta P_{2-1} = \frac{4.52(25.8)^{1.85}}{(120)^{1.85}(1.61)^{4.87}} (9.84)$$

$$\Delta P_{2-1} = 0.25 \text{ PSI}$$

- **NODO 2**

La presión en el nodo 2 es igual a:

$$P_2 = P_1 + \Delta P_{2-1} = 10.4 + 0.25 = 10.65 \text{ PSI}$$

El caudal en el nodo 2 es igual a:

$$Q_2 = k\sqrt{P_2} = 8\sqrt{10.65} = 26.1 \text{ gpm}$$

Diámetro interno de la tubería secundaria:  $d = 1.61 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)

$$C = 120$$

$$L_{eq} = 3 \text{ m} = 9.84 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 3 al nodo 2 es:

$$\Delta P_{3-2} = \frac{4.52(25.8 + 26.1)^{1.85}}{(120)^{1.85}(1.61)^{4.87}} (9.84)$$

$$\Delta P_{3-2} = \frac{4.52(51.9)^{1.85}}{(120)^{1.85}(1.61)^{4.87}} (9.84)$$

$$\Delta P_{3-2} = 0.93 \text{ PSI}$$

- **NODO 3**

La presión en el nodo 3 es igual a:

$$P_3 = P_2 + \Delta P_{3-2} = 10.65 + 0.93 = 11.58 \text{ PSI}$$

El caudal en el nodo 2 es igual a:

$$Q_3 = k\sqrt{P_3} = 8\sqrt{11.58} = 27.22 \text{ gpm}$$

*Diámetro interno de la tubería secundaria:  $d = 1.61 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{\text{accesorios}} = 8 \text{ ft (Longitud equivalente de una Tee } 1 \frac{1}{2} \text{ in)}$$

$$L_{\text{tubería}} = 0.5 \text{ m} = 1.64 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 1.64 + 8 = 9.64 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 4 al nodo 3 es:

$$\Delta P_{4-3} = \frac{4.52(51.9 + 27.22)^{1.85}}{(120)^{1.85}(1.61)^{4.87}} (9.64)$$

$$\Delta P_{4-3} = \frac{4.52(79.13)^{1.85}}{(120)^{1.85}(1.61)^{4.87}} (9.64)$$

$$\Delta P_{4-3} = 1.98 \text{ PSI}$$

- **NODO 4**

La presión en el nodo 4 es igual a:

$$P_4 = P_3 + \Delta P_{4-3} = 11.58 + 1.98 = 13.56 \text{ PSI}$$

El caudal total que se requiere en el ramal es igual a:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 25.8 + 26.1 + 27.23 = 79.13 \text{ gpm}$$

La presión total es igual a:

$$P_t = P_4 = 13.56 \text{ PSI}$$

El nuevo factor de descarga  $k$  para el cálculo hidráulico en la tubería principal es igual a:

$$k_2 = \frac{Q_t}{\sqrt{P_t}} = \frac{79.13}{\sqrt{13.56}} = 21.45$$

El caudal en el nodo 4 es igual a:

$$Q_4 = k_2 \sqrt{P_4} = 21.45 \sqrt{13.56} = 78.99 \text{ gpm}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{eq} = 4 \text{ m} = 13.12 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 5 al nodo 4 es:

$$\Delta P_{5-4} = \frac{4.52(79.13 + 78.99)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (13.12)$$

$$\Delta P_{5-4} = \frac{4.52(158.12)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (13.12)$$

$$\Delta P_{5-4} = 0.015 \text{ PSI}$$

- **NODO 5**

La presión en el nodo 5 es igual a:

$$P_5 = P_4 + \Delta P_{5-4} = 13.56 + 0.015 = 13.58 \text{ PSI}$$

El caudal en el nodo 5 es igual a:

$$Q_5 = k_2 \sqrt{P_5} = 21.45 \sqrt{13.58} = 79.05 \text{ gpm}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{eq} = 4 \text{ m} = 13.12 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 6 al nodo 5 es:

$$\Delta P_{6-5} = \frac{4.52(158.12 + 79.05)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (13.12)$$

$$\Delta P_{6-5} = \frac{4.52(237.17)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (13.12)$$

$$\Delta P_{6-5} = 0.03 \text{ PSI}$$

- **NODO 6**

La presión en el nodo 6 es igual a:

$$P_6 = P_5 + \Delta P_{6-5} = 13.58 + 0.03 = 13.61 \text{ PSI}$$

El caudal en el nodo 6 es igual a:

$$Q_6 = k_2 \sqrt{P_6} = 21.45 \sqrt{13.61} = 79.13 \text{ gpm}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{eq} = 4 \text{ m} = 13.12 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 7 al nodo 6 es:

$$\Delta P_{7-6} = \frac{4.52(237.17 + 79.13)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (13.12)$$

$$\Delta P_{7-6} = \frac{4.52(316.3)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (13.12)$$

$$\Delta P_{7-6} = 0.05 \text{ PSI}$$

- **NODO 7**

La presión en el nodo 7 es igual a:

$$P_7 = P_6 + \Delta P_{7-6} = 13.61 + 0.05 = 13.66 \text{ PSI}$$

El caudal en el nodo 7 es igual a:

$$Q_7 = k_2 \sqrt{P_7} = 21.45 \sqrt{13.66} = 79.28 \text{ gpm}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{\text{accesorios}} = 14 \text{ ft (Codo de 6 in)}$$

$$L_{\text{tubería}} = 1.5 \text{ m} = 4.92 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 4.92 + 14 = 18.92 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 8 al nodo 7 es:

$$\Delta P_{8-7} = \frac{4.52(316.3 + 79.28)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (18.92)$$

$$\Delta P_{8-7} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (18.92)$$

$$\Delta P_{8-7} = 0.119 \text{ PSI}$$

- **NODO 8**

La presión en el nodo 8 es igual a:

$$P_8 = P_7 + \Delta P_{8-7} = 13.66 + 0.119 = 13.78 \text{ PSI}$$

El caudal que debe fluir por el nodo 8 es:  $Q = 395.58 \text{ gpm}$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

*$L_{\text{accesorios}}$ : Codo 14 ft, Válvula mariposa 10 ft, Válvula de compuerta 3ft, Válvula de retención 32 ft*

$$L_{\text{accesorios}} = 14 + 10 + 3 + 32 = 59 \text{ ft}$$

$$L_{\text{tubería}} = 3 \text{ m} = 9.84 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 9.84 + 59 = 68.84 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 9 al nodo 8 es:

$$\Delta P_{9-8} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (68.84)$$

$$\Delta P_{9-8} = 0.44 \text{ PSI}$$

La pérdida de presión por elevación es:  $P_e = 9.84 \text{ ft} = 4.35 \text{ PSI}$

## • NODO 9

La presión en el nodo 9 es igual a:

$$P_9 = P_8 + \Delta P_{9-8} + P_e = 13.78 + 0.44 + 4.35 = 18.57 \text{ PSI}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

*$L_{\text{accesorios}} = 14 \text{ ft}$  (Codo 6 in)*

$$L_{\text{tubería}} = 1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 3.28 + 14 = 17.28 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 10 al nodo 9 es:



$$\Delta P_{10-9} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (17.28)$$

$$\Delta P_{9-8} = 0.11 \text{ PSI}$$

- **NODO 10**

La presión en el nodo 10 es igual a:

$$P_{10} = P_9 + \Delta P_{10-9} = 18.57 + 0.11 = 18.68 \text{ PSI}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{\text{accesorios}} = 14 \text{ ft (Codo 6 in)}$$

$$L_{\text{tubería}} = 26.64 \text{ m} = 87.56 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 87.56 + 14 = 101.56 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 11 al nodo 10 es:

$$\Delta P_{11-10} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (101.56)$$

$$\Delta P_{11-10} = 0.64 \text{ PSI}$$

- **NODO 11**

La presión en el nodo 11 es igual a:

$$P_{11} = P_{10} + \Delta P_{11-10} = 18.68 + 0.64 = 19.32 \text{ PSI}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{\text{accesorios}} = 14 \text{ ft (Codo 6 in)}$$

$$L_{\text{tubería}} = 7.2 \text{ m} = 23.62 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 23.62 + 14 = 37.62 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 12 al nodo 11 es:

$$\Delta P_{12-11} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (37.62)$$

$$\Delta P_{12-11} = 0.24 \text{ PSI}$$

La pérdida de presión por elevación es:  $P_e = 7.2 \text{ ft} = 3.18 \text{ PSI}$

- **NODO 12**

La presión en el nodo 12 es igual a:

$$P_{12} = P_{11} + \Delta P_{12-11} + P_e = 19.32 + 0.24 + 3.18 = 22.74 \text{ PSI}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$$L_{\text{accesorios}} = 14 \text{ ft (Codo 6 in)}$$

$$L_{\text{tubería}} = 18 \text{ m} = 59.1 \text{ ft}$$

$$L_{eq} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 59.1 + 14 = 73.1 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo 12 al nodo 11 es:

$$\Delta P_{13-12} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (73.1)$$

$$\Delta P_{13-12} = 0.46 \text{ PSI}$$

- **NODO 13**

La presión en el nodo 13 es igual a:

$$P_{13} = P_{12} + \Delta P_{13-12} = 22.74 + 0.46 = 23.2 \text{ PSI}$$

*Diámetro interno de la tubería principal:  $d = 6.065 \text{ in}$  (Según Anexo C. Tabla 5)*

$$C = 120$$

$L_{\text{accesorios}}$ : Tee 30 ft, Válvula mariposa 10 ft, Válvula de compuerta 3 ft, Válvula de retención 32 ft

$$L_{\text{accesorios}} = 30 + 10 + 3 + 32 = 75 \text{ ft}$$

$$L_{\text{tubería}} = 3 \text{ m} = 9.84 \text{ ft}$$

$$L_{\text{eq}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 9.84 + 75 = 84.84 \text{ ft}$$

La pérdida de presión del nodo BCI al nodo 13 es:

$$\Delta P_{BCI-13} = \frac{4.52(395.58)^{1.85}}{(120)^{1.85}(6.065)^{4.87}} (84.84)$$

$$\Delta P_{BCI-13} = 0.54 \text{ PSI}$$

- **NODO BCI**

La presión en el nodo BCI es igual a:

$$P_{BCI} = P_{13} + \Delta P_{BCI-13} = 23.2 + 0.54 = 23.74 \text{ PSI} = 1.6 \text{ bar}$$

La presión mínima requerida para el sistema de rociadores es de 1.6 bar.

## CÁLCULOS HIDRAÚLICOS

**Plano de referencia: Anexo E**

### Datos de diseño

Clasificación de Riesgo	Ordinario II
Área de aplicación ( $m^2$ )	140.25
Densidad de aplicación de agua ( $gpm/ft^2$ )	0.2
Tipo de Sistema	Húmedo
Pendiente de techo	0°
Cobertura por rociador ( $m^2$ )	12
Numero de rociadores calculados	12
Caudal mínimo requerido ( $gpm$ )	395.58

Presión mínima requerida (*bar*)

1.6

**Diseñador:** Tito Vargas

El caudal requerido por el sistema de rociadores es  $Q_r = 395.58 \text{ gpm}$

El caudal requerido por cada gabinete es de  $100 \text{ gpm}$ ; como se considera tres gabinetes el caudal es  $Q_g = 300 \text{ gpm}$ .

El caudal requerido por todo el sistema:  $Q_T = Q_r + Q_g = 395.58 + 300 = 695.58 \text{ gpm}$

El tiempo de operación del sistema:  $t = 90 \text{ minutos}$

El volumen total de agua requerido:  $V = Q_T \times t = 695.58 \times 90 = 62\,602.2 \text{ gl} = 237 \text{ m}^3$

**5.2.4** *Sistema de bombeo contra incendios.* Tras el cálculo de los elementos del sistema, se seleccionó el sistema de bombeo Marca ZJBETTER Modelo EDJ el cual cumple con los requisitos de la norma NFPA 20 y está estructurado por Diésel Eléctrica + Jinete + Controlador de bomba Contra Incendios Envasados.

En la siguiente tabla se muestran las características principales del sistema:

Tabla 2-5. Características sistema de bombeo ZJBETTER EDJ

Pump	Model	Capacity (GPM)	Head (BAR)	Power (KW)	Material
750 GPM @ 9 BAR					
Electric	XBD 9/50-125L	750	9	55	Cast iron
Diesel	XBC9/50-D	750	9	90	Cast iron
Jockey	CDL16-90	70	10	11	SS304

Fuente: <https://goo.gl/gHBvR3>

Figura 1-5. Sistema de bombeo








Fuente: <https://goo.gl/Ebgyhp>

**5.2.4.1** *Ubicación del sistema de bombeo.* La ubicación del sistema de bombeo se muestra en el Anexo F.

### 5.3 Selección de extintores contra incendios

La selección de extintores contra incendios se debe realizar en base al tipo de fuego que se puede generar en cada área de la empresa. En la siguiente tabla se indica el tipo de agente de extintor que se debe utilizar para extinguir los diferentes tipos de fuego.

Tabla 3-5. Agentes extintores

	A Agua	AB Agua + Espuma Química	ABC Polvo Químico Seco	BC Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	ABC Halotron 1	D Polvo Químico D	K Potasio
 Sólidos	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO
 Líquidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
 Eléctricos	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
 Metales	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
 Grasas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Fuente: <https://goo.gl/7E4dNp>

De acuerdo a la tabla anterior, se determinó el tipo de agente extintor que se debe utilizar en cada área de trabajo de la empresa de Calzado GAMO'S. El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-5. Agentes Extintores para la empresa de Calzado GAMO'S

ÁREAS	TIPO DE FUEGO	AGENTE EXTINTOR
Administración	A y C	PQS
Comedor y cocina	A, C y K	PQS y Potasio
Dispensario médico	A	PQS
Bodega de cuero	A	PQS
Bodega de materia prima	A y B	PQS
Diseño	A y C	PQS
Corte a mano y serigrafía	A y C	PQS
Cortado de forros y rayado	A	PQS
Destallado y cortado a troquel	A y C	PQS
Armado	A, B y C	PQS
Aparado y rayado interno	A, B y C	PQS
Cardado	A y C	PQS
Terminado	A	PQS
Bodegas de producto terminado	A	PQS
Showrooms	A	PQS
Compresores	C	PQS
Costura automática	A y C	PQS

Fuente: Autor

**5.3.1** *Cálculo del número de extintores.* El reglamento de prevención de incendios del IESS establece:

- **Art. 51.** Se colocarán extintores de incendio a razón de uno de 20 lb. o su equivalente por cada 200 m<sup>2</sup>. La distancia a recorrer horizontalmente desde cualquier punto del área protegida hasta alcanzar el extintor, el más próximo no excederá los 25 m. Esta exigencia es obligatoria para cualquier uso y para el cálculo de la cantidad de extintores a instalarse. No se tomarán en cuenta aquellos que estarán contenidos en los gabinetes.
- **Art. 52.** Estos implementos de protección, cuando estuvieren fuera de un gabinete, se suspenderán en soportes o perchas empotradas o adosadas a la mampostería, cuya

base no superará una altura de 1.20 m del nivel del piso acabado, Se colocarán en sitios visibles, fácilmente identificables, accesibles y que no sean obstáculos en la circulación.

En base a estos criterios se calculará el número de extintores para la empresa de Calzado GAMO'S, para ello, primero se debe conocer el área del sector de incendio que debe cubrir cada extintor.

En la siguiente tabla se detalla el área de los sectores de incendio presente en la empresa:

Tabla 5-5. Área de los sectores de incendio

SECTOR DE INCENDIO	ÁREA ( $m^2$ )
Administración	35
Comedor y cocina	83
Dispensario médico	20
Bodega de cuero	31
Bodega de materia prima	40
Diseño	35
Corte a mano y serigrafía	45
Cortado de forros y rayado	26
Destallado y cortado a troquel	35
Armado	27
Aparado y rayado interno	169
Cardado	20
Terminado	40
Bodega de producto terminado 1	139
Bodega de producto terminado 2	140
Bodega de producto terminado 3	140
Showrooms	145
Compresores	15
Costura automática	20

Fuente: Autor

El cálculo del número de extintores se realiza en función al área y el peso del extintor a utilizar; por cada 200  $m^2$  se requiere 1 extintor de 20 lb, si el área es menor a 200  $m^2$  se puede utilizar un extintor de menor peso, por ejemplo, si el área es de 50  $m^2$  se requiere un extintor de 5 lb. Con este criterio se determinó el número de extintores que requiere la empresa de Calzado GAMO'S

Tabla 6-5. Extintores para la empresa GAMO'S

SECTOR DE INCENDIO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Extintores		Agente Extintor
		Número	Peso (lb)	
Administración	35	1	5	PQS
Destallado y cortado a troquel	35	1	10	PQS
Bodega de cuero	31			
Armado	27	1	10	PQS
Terminado	40			
Cortado de forros y rayado	26			
Aparado y rayado interno	169	1	20	PQS
Cardado	20	1	5	PQS
Comedor y cocina	83	1	5	Potasio
		1	5	PQS
Dispensario médico	20	1	5	PQS
Bodega de materia prima	40	1	5	PQS
Diseño	35	1	5	PQS
Corte a mano y serigrafía	45	1	5	PQS
Bodega de producto terminado 1	139	1	20	PQS
Bodega de producto terminado 2	140	1	20	PQS
Bodega de producto terminado 3	140	1	20	PQS
Showrooms	145	1	20	PQS
Compresores	15	1	5	PQS
Costura automática	20	1	5	PQS
<b>Total</b>		<b>17</b>	-	-

Fuente: Autor

La ubicación de cada extintor, citado en la tabla anterior, se detalla en el Anexo G.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de extintores por capacidad que se requieren.

Tabla 7-5. Resumen de la cantidad de extintores requeridos

Peso (lb)	Número de extintores
5	10
10	2
20	5
<b>Total</b>	<b>17</b>

Fuente: Autor



## 5.4 Detectores de humo

El Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, en el Capítulo II Instalación de Detección de Incendios, Artículo 154, Numeral 2, Literal b; establece:

**Detectores de humos:** 1 detector al menos cada 60 metros cuadrados en locales de altura inferior o igual a 6 metros y cada 80 metros cuadrados si la altura fuese superior a 6 metros e inferior a 12 metros. En base a este criterio se calculará el número de detectores de humo para la empresa de Calzado GAMO`S, el resultado se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 8-5. Detectores de Humo

Sector de incendio	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Detectores de Humo
Administración	35	1
Destallado y cortado a troquel	35	1
Bodega de cuero	31	1
Armado	27	1
Terminado	40	1
Cortado de forros y rayado	26	1
Aparado y rayado interno	169	3
Cardado	20	1
Comedor y cocina	83	2
Dispensario médico	20	1
Bodega de materia prima	40	1
Diseño	35	1
Corte a mano y serigrafía	45	1
Bodega de producto terminado 1	139	3
Bodega de producto terminado 2	140	3
Bodega de producto terminado 3	140	3
Showrooms	145	3
Compresores	15	1
Costura automática	20	1
<b>Total</b>		<b>30</b>

Fuente: Autor

La ubicación de cada detector de humo, citado en la tabla anterior, se detalla en el Anexo G.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Se analizó la situación actual de la empresa de Calzado GAMO`S, en cuanto a seguridad contra incendios se refiere; se observó que cuenta con cinco extintores; los cuales, no son suficientes para combatir un probable incendio ya que la empresa maneja una gran cantidad de materiales combustibles y según los análisis realizados en base a las normas NFPA, se determinó que la empresa pertenece al grupo de ocupaciones de Riesgo Ordinario II.

Se evaluó el riesgo de incendio, por medio del método Meseri, y se determinó que el riesgo en la empresa de Calzado GAMO`S es un Riesgo Grave No Aceptable.

Se diseñó el sistema contra incendios, en base a los cálculos hidráulicos y a la normativa NFPA, y se realizó el esquema de distribución de rociadores contra incendio en las bodegas de producto terminado ya que en estas áreas la probabilidad de incendio es alta y el tipo de fuego es Clase A. Además se realizó el cálculo y la distribución de los extintores en las áreas de la empresa con probabilidad de incendio baja-media y tipo de fuego Clase A, B y C.

#### **6.2 Recomendaciones**

La implementación del sistema contra incendios debe ser realizado por personas con amplia experiencia y responsabilidad con el fin de que se cumpla con el diseño propuesto.

Se debe probar la totalidad del sistema de acuerdo a la norma de instalación NFPA 13. La prueba debe hacerse una vez instalados los rociadores, para asegurarse que los rociadores no han sufrido daños y están perfectamente roscados.

Capacitar al personal en la manipulación de extintores y en el manejo del sistema contra incendios ya que esto mejora la capacidad de respuesta ante un siniestro.

Una vez realizada la implantación y las verificaciones correspondientes se debe realizar mantenimientos periódicos, de acuerdo a la NFPA 25, para verificar que el sistema contra incendio se encuentre en óptimo funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS.** *Módulo 3. Fuego.* Argentina. 2006.

**CAPOTE, Jorge.** *La seguridad contra incendios en la concepción y el diseño de los edificios civiles e industriales.* Cantabria. 2009. pp. 46-50

**CRUZ, Lincoln.** *Diseño de un Sistema Contra Incendios para el Área de Producto Terminado de una Planta Elaboradora de Pinturas* (Tesis). Universidad Estatal de Guayaquil. Ecuador. 2017. pp 65-77 [Consulta: 15 de mayo del 2017] Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31736>

**DEMSA.** *Manual para empresas.* [En línea] Argentina 2016. [Consulta: 27 de enero del 2017] Disponible en :[http://www.demsa.com.ar/manual\\_empresas.pdf](http://www.demsa.com.ar/manual_empresas.pdf).

**EMPYROS.** *Empyros ingeniería contra incendios.* [En línea] Mexico 2017. [Consulta: 30 de enero del 2017] Disponible en: <http://empyros.com/nuestros-productos/instalaciones-contra-incendios/sistemas-de-extincion-automatica/>.

**EUIT.** *Instalaciones de protección contra incendios.* Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, 2017.

**LOZANO, Ernesto & BARRETO, Newton.** *Diseño de un Sistema Contra Incendio para una Empresa Productora de Cereales.* Universidad Estatal de Guayaquil Ecuador. 2017.

**MOCADA, Jaime.** *La historia de la ingeniería de protección contra incendios.* [En línea] Mexico 2017. [Consulta: 30 de marzo del 2017] Disponible en <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/387-la-historia-de-la-ingenieria-de-proteccion-contra-incendios>.

**MURCIA, Cristian.** *Sistema de proteccion contra incendios.* [En línea] 2013. Argentina 2013. [Consulta: 23 de enero del 2017] Disponible en : <https://prezi.com/7vg42vuipfdi/national-fire-protection-association-nfpa/>.

**NEXANS. 2017.** *Incendio: costes y consecuencias.* [En línea] España 2017. [Consulta: 27 de marzo del 2017] Disponible en :[http://www.nexans.es/eservice/Spain-es\\_ES/navigate\\_268138/Incendio\\_costes\\_y\\_consecuencias.html](http://www.nexans.es/eservice/Spain-es_ES/navigate_268138/Incendio_costes_y_consecuencias.html).

**STARFIRE.** *Incendios en el ámbito industrial.* [En línea] Colombia 2014. [Consulta: 27 de abril del 2017] Disponible en :<http://grupofire.com/incendios-en-el-ambito-industrial/>.

**SUNFIRE.** *Sistema de Bombeo Contra Incendio.* [En línea] Argentina 2009. [Consulta: 3 de abril del 2017] Disponible en : [http://www.grupo3s.pe/sistema\\_de\\_bombeo\\_contra\\_incendios.php](http://www.grupo3s.pe/sistema_de_bombeo_contra_incendios.php).

**UCO.** *Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.* [En línea] Argentina 2016. [Consulta: 27 de abril del 2017] Disponible en : <http://www.uco.es/servicios/dgppa/images/prevencion/glosarioprl/fichas/s/SistemaDeAbastecimientoDeAguaContraIncendios.html>.